



Universidad Carlos III de Madrid

Departamento de Informática

## **Trabajo de Fin de Grado**

*DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA  
SOFTWARE PARA LA CREACIÓN DE  
CONTENIDOS DE REALIDAD AUMENTADA  
ORIENTADA A USUARIOS FINALES (END USERS)*

***Autor:*** David Suárez Esteban

***Tutor:*** Marco Romano

*Leganés, Febrero 2016*

**Título:** Diseño y desarrollo de una herramienta software para la creación de contenidos de realidad aumentada orientada a usuarios finales (end users).

**Autor:** David Suárez Esteban

**Director:** Marco Romano

## EL TRIBUNAL

Presidente:

---

Vocal:

---

Secretario:

---

Realizado el acto de defensa y lectura del Trabajo de Fin de Grado el día \_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE





## Abstract

---

El uso de los dispositivos móviles como Smartphones o Tablets ha experimentado un gran crecimiento durante los últimos años. Estos dispositivos cuentan con diversas tecnologías como cámaras, conexión a internet, localizador GPS, sensores de movimiento, etc. Y gracias a su pequeño tamaño y autonomía, esta tecnología puede llevarse a cualquier lugar sin la necesidad de estar conectado mediante cables. Estos hechos facilitan que los dispositivos puedan ser sensibles al entorno y los hábitos del usuario, permitiendo el desarrollo de sistemas ubicuos que reduzcan el esfuerzo de los usuarios para realizar tareas cotidianas.

Una de las tecnologías de computación ubicua más prometedoras, y que se encuentra en pleno proceso de desarrollo, es la realidad aumentada, la cual tiene como objetivo fusionar el mundo real con el mundo virtual. Esta tarea se consigue mediante la superposición de elementos virtuales, como pueden ser imágenes, videos, elementos 3D o audios, sobre la imagen capturada en tiempo real por una cámara.

Aun siendo una tecnología algo inmadura actualmente, los avances conseguidos ya permiten la aplicación de ésta en muchos ámbitos, y entre otros, en el arte y la cultura.

Existen algunos interesados relacionados con el mundo de las creaciones artísticas y las exposiciones culturales que se han hecho eco del posible beneficio de la aplicación de esta tecnología en su campo. Debido a esto, requieren de algún tipo de herramienta que les permita realizar creaciones de realidad aumentada y distribuirlas, sin que su uso necesite de conocimientos en programación.

En la actualidad ya existen herramientas para esto, pero pueden resultar algo limitadas y complicadas para sus usuarios, y además, suelen requerir del uso de un ordenador.

Este proyecto se centra en el diseño, desarrollo y evaluación de un sistema prototipo, denominado ARt, que permite la creación y distribución de experiencias de realidad aumentada. Con este sistema se pretende superar las limitaciones de las herramientas ya existentes, y llevarlas a un entorno ubicuo mediante el uso de dispositivos como Tablets o Smartphones.

El sistema propuesto está formado por dos aplicaciones ARt Maker, orientada a un perfil creador, que permite crear, distribuir y visualizar experiencias de realidad aumentada. Y ARt Visor, enfocada a un rol de observador, que permite la visualización de las experiencias creadas con ARt Maker.

Para la elaboración de este proyecto se hace uso de tecnologías el sistema operativo móvil *Android*, el framework de realidad aumentada *Wikitude*, o el sistema de almacenamiento de archivos en la nube, *Dropbox*.

# Índice

---

1.	Introducción.....	16
1.1.	Contexto.....	16
1.2.	Objetivo.....	18
1.3.	Método de diseño e implementación.....	18
1.4.	Estructura del documento.....	19
2.	Estado del arte.....	20
2.1.	Aplicaciones de creación de experiencias AR actuales.....	20
2.1.1.	Augment.....	21
2.1.2.	Layar Creator.....	21
2.1.3.	Blipp Builder.....	22
2.1.4.	Aurasma Studio.....	22
2.1.5.	Wikitude Studio.....	23
2.2.	Análisis general y comparativa.....	23
3.	Escenarios y requisitos.....	24
3.1.	Clientes objetivos.....	25
3.2.	Idea inicial del prototipo propuesto.....	25
3.2.1.	ARt Maker.....	26
3.2.2.	ARt Visor.....	26
3.3.	Escenarios.....	26
3.3.1.	Escenario 1: Artista innovadora.....	26
3.3.2.	Escenario 2: Conservador de galería de arte.....	27
3.3.3.	Escenario 3: Director de exposición arqueológica.....	28
3.4.	Análisis de requisitos.....	29
3.4.1.	ARt Maker.....	30
3.4.1.1.	Requisitos funcionales.....	30
3.4.1.2.	Requisitos del entorno.....	36

3.4.1.3.	Requisitos de datos .....	37
3.4.1.4.	Requisitos de perfil del usuario .....	38
3.4.1.5.	Requisitos de usabilidad .....	39
3.4.2.	ARt Visor .....	40
3.4.2.1.	Requisitos funcionales .....	40
3.4.2.2.	Requisitos del entorno .....	41
3.4.2.3.	Requisitos de datos .....	42
3.4.2.4.	Requisitos de perfil del usuario .....	44
3.4.2.5.	Requisitos de usabilidad .....	45
4.	Diseño e implementación .....	46
4.1.	Introducción y proceso de diseño .....	46
4.2.	Tecnología .....	47
4.2.1.	Alternativas de diseño .....	47
4.2.1.1.	Sistema operativo del dispositivo móvil .....	47
4.2.1.2.	Entorno de desarrollo .....	48
4.2.1.3.	<i>Framework</i> de Realidad Aumentada .....	49
4.2.1.4.	Traspaso y sincronización de archivos .....	50
4.2.2.	Wikitude .....	51
4.2.3.	Dropbox .....	55
4.3.	Marco regulador .....	55
4.3.1.	Marco regulador técnico .....	55
4.3.1.1.	Requisitos de la aplicación .....	56
4.3.1.2.	Tecnología disponible .....	56
4.3.1.3.	Wikitude .....	56
4.3.1.3.1.	Implementación de la tecnología .....	56
4.3.1.3.2.	Licencia Wikitude SDK .....	56

4.3.1.3.3.	Licencia Target API.....	56
4.3.1.4.	Dropbox.....	57
4.3.1.4.1.	Implementación de la tecnología .....	57
4.3.1.4.2.	Creación de cuentas .....	57
4.3.2.	Marco regulador legal .....	57
4.3.2.1.	Ley de Propiedad Intelectual .....	57
4.3.2.2.	Heredado del uso de Dropbox.....	58
4.3.2.3.	Heredado del uso de Wikitude .....	58
4.4.	Workflow: Flujo de trabajo.....	58
4.4.1.	ARt Maker.....	58
4.4.2.	ARt Visor .....	61
4.5.	Diseño de la interfaz móvil .....	62
4.5.1.	ARt Maker.....	62
4.5.1.1.	Pantalla de vinculación con Dropbox .....	62
4.5.1.2.	Pantalla de sincronización de archivos.....	63
4.5.1.3.	Pantalla principal .....	65
4.5.1.4.	Pantalla de introducción de nombre de exposición .....	66
4.5.1.5.	Pantalla de listado de experiencias .....	68
4.5.1.6.	Pantalla de selección de fuente de imagen objetivo .....	69
4.5.1.7.	Pantalla de selección de imagen objetivo .....	70
4.5.1.8.	Pantalla de captura de imagen objetivo.....	71
4.5.1.9.	Pantalla de creación de experiencias .....	72
4.5.1.9.1.	Menú principal .....	74
4.5.1.9.2.	Menú de selección de tipo de elemento .....	75
4.5.1.9.3.	Menú de selección de elemento .....	75
4.5.1.9.4.	Lienzo.....	77

4.5.1.10.	Pantalla de listado de exposiciones .....	78
4.5.1.11.	Pantalla de opciones de la exposición .....	79
4.5.1.12.	Pantalla de visualización de exposiciones .....	80
4.5.2.	ARt Visor .....	82
4.5.2.1.	Pantalla de vinculación con Dropbox .....	82
4.5.2.2.	Pantalla de sincronización de archivos .....	83
4.5.2.3.	Pantalla principal .....	84
4.5.2.4.	Pantalla de listado de exposiciones .....	85
4.5.2.5.	Pantalla de visualización de exposiciones .....	86
4.6.	Detalles de implementación y desarrollo .....	87
4.6.1.	Arquitectura del sistema .....	87
4.6.1.1.	Aplicaciones del sistema ARt y Dropbox.....	87
4.6.1.2.	ARt Maker y Wikitude Target .....	88
4.6.1.3.	ARt Maker y servidor FTP .....	89
4.6.2.	Implementación de la interfaz móvil .....	90
4.6.3.	Proceso de generación de exposiciones.....	90
4.6.3.1.	Generación de código <i>JavaScript</i> .....	91
4.6.3.2.	Subida de imágenes a servidor <i>FTP</i> .....	92
4.6.3.3.	Obtención de fichero <i>Wikitude Target Collection</i> .....	92
4.6.3.4.	Creación de carpetas y almacenamiento de archivos .....	93
4.6.3.5.	Subida de la exposición a <i>Dropbox</i> .....	93
4.6.4.	Visor de exposiciones .....	94
4.6.5.	Librerías utilizadas .....	94
5.	Evaluación .....	95
5.1.	Consulta a expertos: <i>cognitive walkthroughs</i> .....	95
5.1.1.	Experto 1: Álvaro Montero Montes.....	97



5.1.1.1.	Experto 1: ARt Maker .....	97
5.1.1.2.	Experto 1: ARt Visor.....	97
5.1.2.	Experto 2: Teresa Onorati.....	97
5.1.2.1.	Experto 2: ARt Maker .....	97
5.1.2.2.	Experto 2: ARt Visor.....	98
5.1.3.	Experto 3: Telmo Zarraonandia .....	98
5.1.3.1.	Experto 3: ARt Maker .....	98
5.1.3.2.	Experto 3: ARt Visor.....	98
5.2.	Conclusión de la evaluación .....	99
6.	Gestión del proyecto.....	100
6.1.	Ciclo de vida del desarrollo de software .....	100
6.2.	Equipo implicado .....	101
6.3.	Planificación .....	101
6.4.	Presupuesto.....	104
6.4.1.	Recursos humanos .....	104
6.4.2.	Recursos materiales .....	105
6.4.3.	Resumen de costes.....	105
6.5.	Impacto socio-económico .....	106
6.5.1.	Sociedad .....	106
6.5.2.	Economía.....	107
7.	Conclusiones y trabajos futuros.....	107
7.1.	Conclusiones.....	107
7.2.	Trabajos futuros .....	109
	Bibliografía .....	110
	Anexo – Project Summary .....	114
	Abstract.....	114
	Introduction .....	115
	Context .....	115

Objective .....	116
Desing and implementation method .....	117
Document structure .....	118
Summary .....	119
State of the art .....	119
Scenarios and requirements.....	120
Design and implementation .....	120
Evaluation.....	121
Proyect management .....	121
Conclusions and future research .....	122
Conclusions .....	122
Future research .....	123

---

## Índice de figuras

---

Figura 1. Proceso de diseño centrado en el usuario .....	18
Figura 2. Gráfico de sistemas operativos móviles más usados .....	48
Figura 3. Diagrama de flujo de trabajo de ARt Maker.....	60
Figura 4. Diagrama de flujo de trabajo de ARt Visor. ....	61
Figura 5. Wireframe Pantalla de vinculación con Dropbox. ....	63
Figura 6. Resultado final Pantalla de vinculación con Dropbox. ....	63
Figura 7. Wireframe Pantalla de sincronización de archivos.....	64
Figura 8. Resultado final Pantalla de sincronización de archivos. ....	64
Figura 9. Wireframe Pantalla principal.....	66
Figura 10. Resultado final Pantalla principal. ....	66
Figura 11. Wireframe Pantalla de introducción de nombre de exposición.....	67
Figura 12. Resultado final Pantalla de introducción de nombre de exposición. ....	67
Figura 13. Wireframe Pantalla de listado de experiencias.....	68
Figura 14. Resultado final Pantalla de listado de experiencias. ....	69
Figura 15. Wireframe Pantalla de selección de fuente objetivo. ....	70
Figura 16. Resultado final Pantalla de selección de fuente objetivo.....	70
Figura 17. Wireframe Pantalla de selección de imagen objetivo.....	71
Figura 18. Resultado final Pantalla de selección de fuente objetivo.....	71
Figura 19. Wireframe Pantalla de captura de cámara.....	72
Figura 20. Resultado final Pantalla de captura de cámara. ....	72
Figura 21. Wireframe Pantalla de creación de experiencias. ....	73
Figura 22. Resultado final Pantalla de creación de experiencias. ....	73
Figura 23. Wireframe y resultado final Menú principal. ....	74
Figura 24. Wireframe y resultado final Menú de selección de tipo elemento. ....	75

Figura 25. Wireframe y resultados finales Menú de selección elemento. ....	76
Figura 26. Wireframe Lienzo. ....	77
Figura 27. Resultado final Lienzo.....	78
Figura 28. Wireframe Pantalla de listado de exposiciones. ....	78
Figura 29. Resultado final Pantalla de listado de exposiciones.....	79
Figura 30. Wireframe Pantalla de opciones de la exposición.....	80
Figura 31. Resultado final Pantalla de opciones de la exposición. ....	80
Figura 32. Wireframe Pantalla de visualización de exposiciones. ....	81
Figura 33. Resultado final Pantalla de visualización de exposiciones. ....	81
Figura 34. Wireframe y resultado final Pantalla de vinculación con Dropbox. ....	82
Figura 35. Wireframe y resultado final Pantalla de sincronización de archivos.....	83
Figura 36. Wireframe y resultado final Pantalla principal. ....	84
Figura 37. Wireframe y resultado final Pantalla listado de exposiciones.....	85
Figura 38. Wireframe y resultado final Pantalla de visualización de exposiciones. ....	86
Figura 39. Sistema ARt y Dropbox. Diagrama de peticiones aplicaciones de Dropbox. .	87
Figura 40. Sistema ARt y Dropbox. Diagrama de peticiones ARt Maker. ....	88
Figura 41. Sistema ARt y Dropbox. Diagrama de peticiones ARt Visor. ....	88
Figura 42. ARt Maker y Target API. Diagrama de peticiones.....	89
Figura 43. ARt Maker y FTP. Diagrama de peticiones.....	90
Figura 44. Generación de exposiciones. Diagrama de orden de ejecución de tareas....	94
Figura 45. Diagrama de ciclo de vida del software en cascada. ....	100

## Índice de tablas

---

Tabla 1. Comparativa de aplicaciones de creación de AR .....	24
Tabla 2. ARt Maker: Requisito funcional 001 .....	30
Tabla 3. ARt Maker: Requisito funcional 002 .....	30
Tabla 4. ARt Maker: Requisito funcional 003 .....	30
Tabla 5. ARt Maker: Requisito funcional 004 .....	31
Tabla 6. ARt Maker: Requisito funcional 005 .....	31
Tabla 7. ARt Maker: Requisito funcional 006 .....	31
Tabla 8. ARt Maker: Requisito funcional 007 .....	31
Tabla 9. ARt Maker: Requisito funcional 008 .....	32
Tabla 10. ARt Maker: Requisito funcional 009 .....	32
Tabla 11. ARt Maker: Requisito funcional 010 .....	32
Tabla 12. ARt Maker: Requisito funcional 011 .....	32
Tabla 13. ARt Maker: Requisito funcional 012 .....	33
Tabla 14. ARt Maker: Requisito funcional 013 .....	33
Tabla 15. ARt Maker: Requisito funcional 014 .....	33
Tabla 16. ARt Maker: Requisito funcional 015 .....	33
Tabla 17. ARt Maker: Requisito funcional 016 .....	34
Tabla 18. ARt Maker: Requisito funcional 017 .....	34
Tabla 19. ARt Maker: Requisito funcional 018 .....	34
Tabla 20. ARt Maker: Requisito funcional 019 .....	34
Tabla 21. ARt Maker: Requisito funcional 020 .....	35
Tabla 22. ARt Maker: Requisito funcional 021 .....	35
Tabla 23. ARt Maker: Requisito funcional 022 .....	35
Tabla 24. ARt Maker: Requisito del entorno 001 .....	36

Tabla 25. ARt Maker: Requisito del entorno 002 .....	36
Tabla 26. ARt Maker: Requisito del entorno 003 .....	36
Tabla 27. ARt Maker: Requisito del entorno 004 .....	36
Tabla 28. ARt Maker: Requisito de datos 001 .....	37
Tabla 29. ARt Maker: Requisito de datos 002 .....	37
Tabla 30. ARt Maker: Requisito de datos 003 .....	37
Tabla 31. ARt Maker: Requisito de datos 004 .....	37
Tabla 32. ARt Maker: Requisito de datos 005 .....	38
Tabla 33. ARt Maker: Requisito de perfil de usuario 001.....	38
Tabla 34. ARt Maker: Requisito de perfil de usuario 002.....	38
Tabla 35. ARt Maker: Requisito de perfil de usuario 003.....	38
Tabla 36. ARt Maker: Requisito de perfil de usuario 004.....	39
Tabla 37. ARt Maker: Requisito de usabilidad 001.....	39
Tabla 38. ARt Maker: Requisito de usabilidad 003.....	39
Tabla 39. ARt Maker: Requisito de usabilidad 004.....	40
Tabla 40. ARt Maker: Requisito de usabilidad 005.....	40
Tabla 41. ARt Visor: Requisito funcional 001 .....	40
Tabla 42. ARt Visor: Requisito funcional 002 .....	41
Tabla 43. ARt Visor: Requisito funcional 003 .....	41
Tabla 44. ARt Visor: Requisito del entorno 001 .....	41
Tabla 45. ARt Visor: Requisito del entorno 002 .....	42
Tabla 46. ARt Visor: Requisito del entorno 003 .....	42
Tabla 47. ARt Visor: Requisito del entorno 004 .....	42
Tabla 48. ARt Maker: Requisito de datos 001 .....	42
Tabla 49. ARt Maker: Requisito de datos 002 .....	43
Tabla 50. ARt Maker: Requisito de datos 003 .....	43

Tabla 51. ARt Maker: Requisito de datos 004 .....	43
Tabla 52. ARt Maker: Requisito de datos 005 .....	43
Tabla 53. ARt Visor: Requisito de perfil de usuario 001 .....	44
Tabla 54. ARt Visor: Requisito de perfil de usuario 002 .....	44
Tabla 55. ARt Visor: Requisito de perfil de usuario 003 .....	44
Tabla 56. ARt Visor: Requisito de usabilidad 001 .....	45
Tabla 57. ARt Visor: Requisito de usabilidad 002 .....	45
Tabla 58. ARt Visor: Requisito de usabilidad 004 .....	45
Tabla 59. ARt Visor: Requisito de usabilidad 005 .....	46
Tabla 60. ARt Visor: Requisito de usabilidad 006 .....	46
Tabla 61. Tareas del proyecto. ....	102
Tabla 62. Asignación de tareas del proyecto.....	103
Tabla 63. Diagrama de Gantt. Planificación de tareas del proyecto. ....	103
Tabla 64. Recursos humanos del proyecto.....	104
Tabla 65. Recursos materiales del proyecto.....	105
Tabla 66. Resumen de costes del proyecto.....	105

## Índice de ecuaciones

---

Ecuación 1. Transformación de posición X.....	92
Ecuación 2. Transformación de posición Y. ....	92
Ecuación 3. Formula de amortización. ....	105

# 1. Introducción

---

Los dispositivos móviles de hoy en día están dotados de tecnologías que permiten a los usuarios estar conectados e informados permanentemente y en tiempo real.

Gracias a estas capacidades, es posible desarrollar entornos ubicuos con la intención de integrar la informática en el entorno del usuario de tal forma que estos puedan realizar tareas de una manera más cotidiana, permitiendo al usuario olvidarse de que esta utilizando un dispositivo móvil y centrarse únicamente en la tarea a realizar.

Este trabajo se realiza en el campo de la *Human Computer Interaction* y en particular de la computación ubicua.

Una de las tecnologías de la computación ubicua que están desarrollándose actualmente, y que pueden revolucionar la forma con la que los usuarios interactúan con los dispositivos móviles, es la realidad aumentada.

## **Realidad aumentada**

La realidad aumentada (AR) consiste en una visión a través de un dispositivo en la que el dominio digital se funde con el mundo físico [1].

Con el fin de unir el mundo virtual y el mundo real para poder disfrutar de una experiencia de realidad aumentada se utiliza una cámara que captura la imagen real, que es procesada para añadir los elementos virtuales sobre la imagen y muestran el resultado final a través de una pantalla.

Los principales dispositivos destinados a esta tecnología son las gafas de realidad aumentada [2] como *Epson Moverio* [3] o *HoloLens* de *Microsoft* [4], los Smartphones y las Tablets, debido principalmente a que todos estos son dispositivos móviles con altas capacidades computacionales.

## 1.1.Contexto

Hoy en día la realidad aumentada es una tecnología que se encuentra desde hace ya unos años en pleno proceso de investigación y desarrollo como observamos en [5], principalmente debido a que para su perfecta implementación se requiere de complejos algoritmos de análisis del entorno, como se comenta en [6], y de la construcción de unas gafas de realidad aumentada poco intrusivas y cómodas que permitan experimentar en su totalidad este concepto.

Son muchas las compañías que ven en esta tecnología el siguiente salto revolucionario del uso de la informática en la vida diaria, y es algo que se deja ver en movimientos como la expectación causada por *Google* con sus primitivas *Google Glass* [7], la compra por parte de *Apple* de *Meta IO* [8], una de las compañías más



avanzadas en este campo, o la apuesta de *Microsoft* por esta tecnología con el anuncio de sus prometedoras *HoloLens* [9].

Aun siendo la realidad aumentada una tecnología por pulir, son bastantes los avances que se han producido en este ámbito como se demuestra en [10], y muchos los interesados que han querido producir los primeros atisbos del uso de esta tecnología que tiene aplicaciones en múltiples campos, entre ellos el arte y la cultura.

### **Arte y cultura en jóvenes generaciones**

Las nuevas tecnologías e internet han cambiado en gran medida el acceso a la información audiovisual, que ahora es más viral y saturada debido a la televisión y al uso de redes sociales como *Facebook*, *Twitter*, *Tumblr* o *Instagram*. Desgraciadamente esto hace que las personas de generaciones jóvenes, que están más acostumbradas a esto, pierdan el interés por visitar museos y contemplar la belleza de las obras de arte físicamente, tal y como se cita en [11].

Esta es una de las causas que puede hacer que la realidad aumentada sea beneficiosa en este campo, ya que ésta da la posibilidad de combinar uso de una innovadora tecnología con la visualización física del arte. Esto proporciona una nueva forma de disfrutar de las exposiciones y la cultura, permitiendo que los usuarios más jóvenes y digitales puedan volver a sentirse atraídos por las formas de expresión más clásicas.

Esta tecnología también supone un gran cambio respecto a los artistas, debido a que su uso rompe con los límites creativos que implica el mundo físico, que se ven ampliados hasta los alcances del mundo virtual, permitiendo unas creaciones mucho más ricas y expresivas. Son muchos los jóvenes artistas que pueden estar interesados en utilizar medios digitales para sus creaciones al haber crecido en un mundo cada vez más digitalizado como se menciona en [12].

El principal problema de esta tecnología es la dificultad que implica la implementación de ésta, que normalmente requiere de conocimientos avanzados en programación, y las pocas aplicaciones que permiten la creación de experiencias de realidad aumentada sin estos conocimientos son algo limitadas y escasas, como por ejemplo *Augment* [13] o *Aurasma Studio* [14].

La realidad aumentada ya ha sido utilizada en algunas exposiciones de arte y cultura como por ejemplo en el sitio arqueológico de la *Acrópolis* [15] de Atenas (Grecia), en la *Casa Batlló* [16] de Barcelona (España), en el *Museo Británico* [17] de Londres (Reino Unido) o en la *Galería Gravelmoulth* [18] de San Antonio (Texas, EEUU).

## 1.2. Objetivo

La finalidad de este proyecto consiste en la construcción de un sistema para dispositivos móviles, que permita a sus usuarios la creación y distribución de experiencias de realidad aumentada, sin la necesidad de poseer conocimientos técnicos avanzados sobre tecnologías de la información.

Se trata de superar las limitaciones que presentan los sistemas actuales de creación de experiencias de realidad aumentada, como son la falta de movilidad que supone la creación de experiencias en un ordenador personal, o la incapacidad de distribuir las experiencias creadas fácilmente. Y también, de recoger y agrupar las ventajas de todos estos sistemas, para conseguir un prototipo que solvete unas necesidades existentes.

Para ello se ha diseñado, implementado y evaluado un sistema prototipo basado en las necesidades de los usuarios finales denominado ART.

## 1.3. Método de diseño e implementación

El objetivo principal que se busca es desarrollar una interfaz útil y efectiva. Para conseguirlo, se ha seguido un *Diseño Centrado en el Usuario* [19] (figura 1), estudiando los usuarios potenciales y teniéndolos en consideración a lo largo del proceso de diseño.

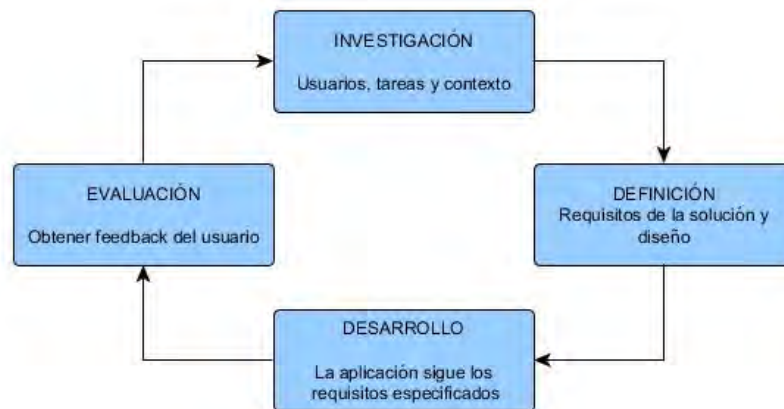


Figura 1. Proceso de diseño centrado en el usuario

Este método se aplica mediante un proceso iterativo con el que se pueden evaluar y diseñar productos de tecnologías de la información. Al finalizar cada iteración se obtienen resultados que pueden aportar información relevante para mejorar el diseño del producto en la siguiente iteración del proceso.

Este proceso iterativo de diseño consta de cuatro ciclos o fases:

- **Investigación:** En primera estancia, se analizan e investigan los usuarios a los que irá destinado el prototipo, las necesidades de estos, cuáles serán las tareas que deberá realizar el prototipo, y el contexto en el que será utilizado.
- **Definición:** Con los datos obtenidos de la fase anterior, se definen los requisitos del prototipo, se seleccionan las tecnologías y se realiza el diseño.
- **Desarrollo:** En base al diseño realizado en la fase anterior, y a las tecnologías seleccionadas, se implementa el prototipo.
- **Evaluación:** Una vez implementado el prototipo se realiza una evaluación del prototipo que aporta información relevante para el prototipo, como pueden ser nuevos requisitos, escenarios, mejoras de diseño, etc.

Este proceso iterativo se repite de continuamente con el fin de introducir mejoras en el producto.

En el caso del presente proyecto, tan solo se realizará la primera iteración completa, que corresponde desde la fase de *Investigación* hasta el ciclo de *Evaluación*.

#### 1.4. Estructura del documento

El presente documento se estructura en nueve capítulos, un apartado de bibliografía, y un apartado de anexo que contiene un **resumen del proyecto en inglés** que incluye introducción y conclusiones.

En el capítulo actual, *1. Introducción*, se realiza una introducción de los aspectos que se van a tratar a lo largo del trabajo, mostrando el contexto en el que se realiza, los objetivos a conseguir, el método de diseño e implementación, y por último, la forma en la que se estructura el documento.

A lo largo del apartado *2. Estado del arte*, se muestran las aplicaciones de creación de experiencias de realidad aumentada con más relevancia de la actualidad. En él se comparan las posibilidades que ofrecen cada una de ellas, y se analizan los patrones generales que siguen este tipo de aplicaciones.

Durante el punto *3. Escenarios y requisitos*, se realiza un análisis del conjunto de usuarios a los que está dirigido el prototipo a diseñar y desarrollar, se presenta la idea inicial del prototipo, se analizan escenarios del mundo real donde también se muestra el impacto del uso del prototipo, y por último, se muestran los requisitos del prototipo resultantes del análisis de los escenarios y el estado del arte.

En el capítulo 4. *Diseño e implementación*, se detalla el proceso de diseño del prototipo, se muestra el proceso de selección de las tecnologías utilizadas para implementar el prototipo propuesto, se analizan el marco regulador técnico y legal del sistema, se describe el flujo de trabajo mediante la definición de los pasos que un usuario debe seguir para la realización de tareas, se describe la funcionalidad de la interfaz del sistema, y finalmente, se comentan aspectos referentes a la implementación y desarrollo del prototipo.

Mediante el apartado 5. *Evaluación*, se realiza una evaluación del sistema prototipo diseñado y desarrollado en los apartados anteriores. La evaluación se realiza utilizando un sistema basado en la consulta a expertos, mediante el que unos expertos responden unas preguntas sobre la interacción con el prototipo, y finalmente se extraen unas conclusiones de los resultado obtenidos.

En el punto 6. *Gestión del proyecto*, partiendo del supuesto de que el proyecto se desarrollase en un entorno empresarial real, se describe el ciclo de vida del desarrollo del software a seguir, se define el equipo implicado para la realización del prototipo, se realiza una planificación de las tareas, se incluye el presupuesto resultante del coste de los recursos humanos y materiales necesarios, y por último, se estudia el impacto socio-económico que podría tener este prototipo.

Durante el punto 7. *Conclusiones y trabajos futuros*, se realiza un análisis de todo el trabajo realizado durante el proyecto, y se comentan los trabajos futuros pendientes que mejorarían el prototipo en base a la evaluación realizada.

## 2. Estado del arte

---

Tal y como se ha enunciado a lo largo del apartado 1. *Introducción*, el objetivo de este trabajo es el diseño e implementación de un sistema de creación de experiencias de realidad aumentada enfocado al mundo de las exposiciones artísticas y culturales

En este capítulo se analizan y comparan las principales aplicaciones que existen en la actualidad para crear experiencias de realidad aumentada en diversos dispositivos, así como las tendencias que siguen este tipo de aplicaciones.

### 2.1. Aplicaciones de creación de experiencias AR actuales

Una experiencia de realidad aumentada, como se ha comenta en el punto 1. *Introducción*, consiste simplemente en superponer elementos virtuales mediante el tratamiento computacional de la imagen capturada en tiempo real por una cámara.

Actualmente técnica más usada para la implementación de realidad aumentada es el *tracking* [20] (seguimiento), que básicamente consiste en el reconocer y seguir ciertos elementos de la imagen real, y tomarlos como referencia para añadir elementos virtuales. Otra técnica más simple consiste en utilizar los sensores del dispositivo para conocer la posición de este, y colocar los elementos virtuales con respecto a esa posición inicial.

A día de hoy ya existen algunas aplicaciones de creación de experiencias de realidad aumentada (AR) que permiten a los usuarios diseñar y crear sus propias experiencias sin conocimientos de programación. Generalmente las experiencias producidas por estas aplicaciones están pensadas para ser disfrutadas a través de dispositivos móviles.

A continuación se estudian las aplicaciones actuales más relevantes de este tipo:

#### 2.1.1. *Augment*

Las experiencias de *Augment* [13] pueden crearse desde una aplicación web que permite publicar las creaciones mediante previo pago, y una aplicación móvil para *Android* e *iOS*, que tienen diferentes posibilidades.

Sólo permiten insertar modelos 3D a las experiencias.

La aplicación móvil puede generar las experiencias sin el uso de *tracking* de elementos reales para la representación de elementos virtuales, tan solo basa la colocación de los objetos respecto a la posición y los sensores de movimiento del dispositivo, con un resultado bastante mejorable.

La aplicación web también puede colocar los objetos 3D sobre imágenes o etiquetas haciendo *tracking* de estas y con mejor resultado.

Durante la creación de las experiencias se ha de insertar o solo el modelo 3D, o el objeto 3D y la imagen objetivo asociada, pero no se pueden seleccionar las posiciones con respecto a la imagen, si no que el modelo se representa encima.

El visionado de experiencias se realiza a través de una aplicación que requiere de conexión a internet.

#### 2.1.2. *Layar Creator*

La generación de las experiencias en *Layar Creator* [21] se realiza mediante una aplicación web gratuita con limitaciones que pueden ser reducidas a través del pago.

Se puede introducir elementos multimedia como imágenes, audios, videos, videos transparentes y botones con enlaces a páginas web.

Las experiencias que genera utilizan tracking de imágenes objetivo, que usa para superponer los elementos virtuales. Utiliza el SDK de *Layar* como base.

Tienen aplicación visor para *Android*, *iOS* y *Blackberry*, requiere de conexión a internet, y tiene un funcionamiento muy fluido.

### 2.1.3. Blipp Builder

Es la aplicación web de creación de experiencias de *Blippar* [22], su uso requiere de pago. *Blipp Puilder* [23] esta basada en el SDK de *Layar*, la cual fue adquirida en 2014 por *Blippar*.

Permite introducir elementos multimedia como imágenes, videos, animaciones y botones con enlaces a páginas web sobre la imagen real.

Las experiencias generadas se sirven del uso del *tracking* de imágenes objetivo sobre las que muestran los elementos virtuales.

El visionado de experiencias se realiza a través de una aplicación para *Android*, *iOS* y *Blackberry*, su sistema de reconocimiento es algo lento y requiere de conexión a internet.

### 2.1.4. Aurasma Studio

*Aurasma Studio* [15] permite crear experiencias de realidad aumentada mediante aplicaciones web y móvil gratuitas. Se basa en el SDK de *Aurasma* [24] y pertenece a *Hewlett-Packard* (HP).

Para la creación de experiencias necesitan una imagen objetivo sobre la que se muestran los elemento virtuales.

Desde la aplicación web se pueden introducir elementos multimedia como imágenes, videos, páginas web y modelos 3D, a cada uno de ellos se les puede atribuir una acción al ser seleccionados, como enlazar a una web, exponer el elemento en pantalla completa, dar paso a la aparición de otro elemento virtual...

La aplicación móvil para *Android* e *iOS*, en cambio, permite la creación de experiencias de realidad aumentada pero de una manera más limitada, tan sólo se puede añadir un elemento virtual a la imagen objetivo y sin ningún tipo de acción relacionada con la selección. Requiere de conexión a internet.

Las experiencias creadas pueden ser publicadas al resto de usuarios de la aplicación. Este hecho supone el problema de que se puedan crear experiencias diferentes para la misma imagen objetivo, y al ser visualizadas con la cámara puede que no se muestre la experiencia deseada.

La misma aplicación móvil también sirve de visor, puede mostrar tanto las experiencias privadas, como las experiencias publicadas en el sistema por otros usuarios de la aplicación.

#### 2.1.5. Wikitude Studio

Es la aplicación web basada en el *SDK* de *Wikitude* [25] que permite crear experiencias.

Para la creación en *Wikitude Studio* [26] de experiencias de realidad aumentada se requiere de una imagen objetivo, y los elementos virtuales con los que aumentar la imagen, que pueden ser textos, imágenes, botones con enlaces, *widgets HTML*, modelos 3D y videos.

Las experiencias generadas pueden publicarse para ser usadas con la aplicación móvil para *Android* e *iOS* (se necesita pagar una suscripción y requiere de conexión a internet), o bien descargar los ficheros del proyecto para incorporar la experiencia en aplicaciones *offline* que deben ser desarrolladas utilizando el *SDK*.

### 2.2. Análisis general y comparativa

Como se puede apreciar en las aplicaciones analizadas en el apartado 2.1. *Aplicaciones de creación de experiencias de AR actuales*, la gran mayoría de estas consisten en un editor, en el que en primer lugar seleccionamos la imagen objetivo que queremos aumentar virtualmente, a continuación nos permiten superponer mediante la técnica de *drag and drop* (arrastrar y soltar) los elementos virtuales que queremos, y finalmente nos invitan a guardar nuestra experiencia para poder disfrutarla posteriormente.

A la hora de crear experiencias de realidad aumentada, principalmente los elementos virtuales que se introducen con más frecuencia son:

- **Imágenes:** fotografías, composiciones artísticas o imágenes con fondo transparente son las más habituales.
- **Videos:** pueden ser tanto en el formato al que estamos acostumbrados a ver en pantallas destinadas a películas, videoclips, anuncios, etc., como videos con fondos transparentes que pueden causar una mayor inmersión sobre la imagen real.
- **Audios:** incorporación de sonidos o música. No suele ser una opción muy utilizada, ya que se suele ensalzar más la explotación de los elementos visuales en este tipo de experiencias.

- **Objetos 3D:** es bastante común la incorporación de elementos tridimensionales generados computacionalmente en experiencias de realidad aumentada, estos pueden estar animados.
- **Textos:** introducción de textos de cualquier tipo sobre la imagen real.
- **Botones:** el uso de botones para interactuar con otros elementos de la experiencia o con enlaces a sitios web son bastante utilizados.
- **Elementos web:** en muchas ocasiones se realiza la incorporación de elementos web como widgets o páginas web completas.

En la tabla 1 se puede ver una comparativa de las aplicaciones analizadas en el apartado 2.1. *Aplicaciones de creación de experiencias de AR actuales.*

	Tracking de imágenes	Imágenes	Videos	Audios	Modelos 3D	Botones	Elementos Web	Creador Web	Creador Móvil
Augment	✓				✓			✓	✓
Layar	✓	✓	✓	✓		✓		✓	
Blipp Builder	✓	✓	✓			✓		✓	
Aurasma	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Wikitude Studio	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	

Tabla 1. Comparativa de aplicaciones de creación de AR

### 3. Escenarios y requisitos

En el capítulo 2. *Estado del Arte* se han estudiado algunas de las aplicaciones que existen en la actualidad para la creación de experiencias de realidad aumentada a través de distintas plataformas.

Como se enuncia en el apartado 1. *Introducción*, el objetivo principal de este proyecto es el diseño y desarrollo de un sistema prototipo llamado ARt, que permita la creación de experiencias de realidad aumentada, teniendo en cuenta para ello el conjunto de



usuarios al que estará dirigido el prototipo, y los escenarios en los que podrá ser utilizado.

A lo largo de este epígrafe, se analiza el conjunto de clientes a los que está dirigido el prototipo, se presenta la idea inicial del prototipo propuesto, se citan algunos de los escenarios obtenidos después de realizar entrevistas a posibles usuarios, y por último, se muestran los requisitos del prototipo resultantes del análisis de los escenarios y el estado del arte.

### 3.1. Clientes objetivos

El prototipo ha diseñar y desarrollar, tiene como destinatario un conjunto específico de la sociedad estrechamente relacionado con el mundo del arte y las exposiciones en museos o galerías de diversas índoles.

Estos potenciales clientes interesados podrían ser artistas, conservadores de galerías de arte, cuidadores de exposiciones, directores de museos de diversos tipos, etc.

El principal interés de estos es la creación de experiencias de realidad aumentada que aumenten de forma virtual diversas imágenes u obras artísticas, con el fin de mejorar la experiencia de aquellos visitantes que las contemplen.

La mayoría de estos clientes, debido a su profesión no suelen tener conocimientos avanzados sobre las Tecnologías de la Información, lo cual les puede suponer un problema de cara a la utilización de las aplicaciones ya existentes analizadas en el apartado 2. *Estado del arte*.

El prototipo final diseñado debe poder ser utilizado por este tipo de clientes sin que esto suponga una gran complicación para ellos.

De cara al uso final del prototipo, encontramos la aparición de dos roles de usuarios diferentes: por un lado existe un perfil de “creador”, que se encarga de la creación de las experiencias de realidad aumentada, y por otro lado tenemos un perfil de “visitante” que tan solo contempla las experiencias creadas por el “creador”.

### 3.2. Idea inicial del prototipo propuesto

La idea de partida del prototipo propuesto a los potenciales usuarios, cuyo nombre es ART, consiste en un sistema de dos aplicaciones para dispositivos móviles conectadas entré sí.

La separación de dos aplicaciones, viene justificada por la existencia de dos roles de usuarios diferentes, tal y como se justifica al final del apartado 3.1. *Usuarios Objetivos*.

Estas dos aplicaciones reciben el nombre de ARt Maker, para el perfil de “creador”, y ARt Visor, destinado al rol de “visitante”, las cuales se describen a continuación.

#### 3.2.1. ARt Maker

Con esta aplicación del prototipo, se pretende trasladar a los dispositivos móviles el proceso de creación de experiencias de realidad aumentada, ya que en la mayor parte de las aplicaciones ya existentes mostradas en 2. *Estado del arte*, las experiencias se realizan a través de una aplicación web pensada para un ordenador de escritorio.

La funcionalidad de ésta consiste en la creación de experiencias de realidad aumentada de una manera fácil y sin necesidad de conocimientos técnicos.

El usuario lleva en su terminal todos los elementos virtuales que quiere incorporar a sus experiencias. Estas se realizan siempre en base a una imagen objetivo (podría ser obtenida directamente a través de la cámara), sobre las que mediante *drag and drop* el usuario incorpora los elementos virtuales. El usuario también dispone de la posibilidad de visualizar o eliminar los resultados de las experiencias creadas y compartirlas con los visitantes.

#### 3.2.2. ARt Visor

Mediante esta aplicación, el usuario solo puede descargar y visualizar las experiencias de realidad aumentada creadas mediante la aplicación ARt Maker descrita en el punto anterior.

### 3.3. Escenarios

En este apartado se describirán varios escenarios que han sido diseñados en colaboración con usuarios potenciales del sistema ART y en los que se presentan distintos casos de uso.

#### 3.3.1. Escenario 1: Artista innovadora

Estefanía es una joven artista que se dedica a realizar obras de arte de distintos tipos, siempre intentando que sus piezas sean vanguardistas.

Inspirada por algunas de las exposiciones de arte basadas en realidad aumentada que se han realizado en países como Estados Unidos, Estefanía ha decidido aumentar sus obras añadiendo elementos virtuales como videos, audios o imágenes con las que poder llevar a otro nivel la experiencia de visualizar sus piezas de arte, y mostrarlas en una exposición de su ciudad.

Estefanía esta familiarizada con las nuevas tecnologías y conoce herramientas de edición de imágenes, audio y video, pero carece de la habilidad para programar, lo que le supone un gran problema para su meta, y además no sabe como

distribuir estas experiencias de realidad aumentada entre los futuros visitantes de su exposición.

#### **Con el sistema ARt**

Estefanía ha terminado sus creaciones artísticas e introduce desde su ordenador personal las imágenes, videos y audios que ha creado para la ocasión en una carpeta específica de su ordenador.

En su Tablet selecciona la aplicación ARt Maker, una vez dentro todos los elementos virtuales que había introducido en su carpeta se han descargado en el dispositivo.

A continuación crea una nueva exposición, y añade una nueva experiencia, para ello toma una foto de la obra de arte que quiere aumentar, e introduce a su gusto todos los elementos virtuales que necesita. Realiza la misma operación para todas las obras de su exposición y finalmente la guarda, pudiendo también ver el resultado de esta.

Una vez que Estefanía ha guardado su exposición, tan solo tiene que seleccionar la aplicación ARt Visor en el dispositivo móvil de los visitantes y sincronizar con el toque de un botón la exposición que acaba de crear para que los visitantes puedan disfrutar por completo de ella.

#### **3.3.2. Escenario 2: Conservador de galería de arte**

Carlos es un conservador de una galería de arte de un museo que quiere aumentar la afluencia de jóvenes entre sus visitantes, para ello quiere atraerles mediante el uso de tecnologías innovadoras decantándose por la realidad aumentada.

Carlos está familiarizado con el uso de ordenadores y dispositivos móviles, pero no sabe programar, y la mayoría de las tecnologías que ha encontrado para aumentar las piezas de su galería requieren del uso del ordenador y no le permiten ver el resultado en el momento, lo cual le supone un problema. Carlos tampoco sabe como distribuir esta tecnología entre los visitantes.

#### **Con el sistema ARt**

Carlos ha realizado una serie de videos e imágenes explicativas sobre las obras de su galería de arte y los introduce desde su ordenador personal una carpeta.

En su Tablet selecciona la aplicación ARt Maker, una vez dentro todos los videos e imágenes que había introducido en su carpeta se han descargado en el dispositivo.

A continuación crea una nueva exposición, y añade una nueva experiencia para cada obra de arte, para las que toma una foto de ellas e introduce sobre ellas el

video o imagen creado para la ocasión en la posición y tamaño que desea. Una vez terminada la creación, puede ver los resultados directamente desde su dispositivo.

Una vez que Carlos ha creado su exposición, selecciona la aplicación ARt Visor en cada uno de los dispositivos móviles que ha comprado para posteriormente prestárselos a los visitantes. A continuación, en cada uno de ellos pulsando un botón sincroniza la exposición que acaba de crear, estando así disponibles para el disfrute de los visitantes.

### 3.3.3. Escenario 3: Director de exposición arqueológica

Antonio es el director de una exposición arqueológica que pronto se estrenara en un importante museo de su ciudad.

Antonio está un poco cansado de usar siempre los mismos métodos clásicos para informar a los visitantes sobre los elementos de la exposición como suelen ser los textos, audio-guías e imágenes descriptivas. Ha pensado en utilizar videos explicativos, pero sabe que su instalación es cara y aparatosa, y además podría romper el ambiente de la exposición.

Explorando algunas nuevas tecnologías, Antonio ha encontrado algunos proyectos hechos con realidad aumentada que le han parecido muy interesantes, y además le permitirían añadir sus videos a los elementos de la exposición sin tener que hacer ninguna instalación, ni romper el ambiente.

El problema que tiene Antonio, es que aun teniendo conocimientos del uso de ordenadores y dispositivos móviles, no sabe programar, y las pocas tecnologías que ha encontrado necesitan de la programación para realizar las experiencias de realidad aumentada que desea.

#### **Con el sistema ARt**

Antonio ha creado varios videos explicativos sobre algunos los elementos que aparecen en su exposición de arqueología.

En su Tablet abre la aplicación ARt Maker, una vez dentro todos sus videos se descargan en el dispositivo.

Seguidamente crea una nueva exposición en la aplicación, y añade una nueva experiencia para cada elemento de la exposición arqueológica, de los que toma una foto e introduce sobre ella el video asociado. Una vez finalizada la creación, observa el resultado desde su dispositivo.

Una vez que Antonio ha creado su exposición, abre la aplicación ARt Visor en cada uno de los dispositivos móviles que ha comprado que dejará a los visitantes.

A continuación, descarga en ellos la exposición creada anteriormente y la visualiza.

### 3.4. Análisis de requisitos

A partir de los escenarios mostrados en el punto 3.3. *Escenarios* y el estado del arte descrito en el apartado 2. *Estado del arte*, es posible extraer los requisitos que deberán tener las dos aplicaciones del sistema prototipo, ARt Maker y ARt Visor.

Normalmente, dentro del área de la ingeniería del software, se identifican dos tipos de requisitos: los funcionales, que indican que debe hacer el sistema, y los no funcionales, que indican las restricciones que tendrá el mismo.

En el diseño de la interacción es necesario comprender también la funcionalidad y las restricciones que tendrá el producto.

Sin embargo, en lugar de clasificar todos los requisitos en funcionales y no funcionales, se utilizarán las categorías consideradas en [27] y que son definidas a continuación.

- **Requisitos funcionales:** Dictan que debe hacer el producto.
- **Requisitos de datos:** Indican el tipo, tamaño, persistencia, precisión y valor de los datos que utiliza la aplicación. Por ejemplo: el formato o tamaño de los archivos que puede manejar una aplicación de edición de multimedia.
- **Requisitos de entorno:** Especifican las circunstancias en las cuales se espera que el producto opere. Por ejemplo: la cantidad de luz, el ruido o el número de personas que accederán al sistema.
- **Requisitos de perfil de usuario:** Describen las características de los usuarios potenciales que utilizarán el producto.
- **Requisitos de usabilidad:** Indican los objetivos de usabilidad y las medidas asociadas que requiere el producto, como por ejemplo: efectividad, eficiencia, seguridad o utilidad.

El análisis de los requisitos ha sido dividido en dos, debido a las dos aplicaciones que comprenden el sistema prototipo ARt propuesto en el apartado 3.2. *Idea inicial del prototipo propuesto*.

### 3.4.1. ARt Maker

A continuación se especifican los requisitos de la aplicación ARt Maker.

#### 3.4.1.1. Requisitos funcionales

##### Creación de exposiciones

RFS-001	Crear exposición
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Crear una nueva exposición de experiencias de realidad aumentada a través del proceso de creación.
Justificación	Es necesario para el objetivo de la aplicación.

*Tabla 2. ARt Maker: Requisito funcional 001*

RFS-002	Asignar nombre de exposición
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Asignar un nombre identificativo diferente a cada exposición.
Justificación	Las exposiciones deben poder ser distinguidas entre sí.

*Tabla 3. ARt Maker: Requisito funcional 002*

RFS-003	Añadir experiencias a la exposición
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	El usuario debe poder añadir una o varias experiencias de realidad aumentada a cada exposición.
Justificación	Es necesario para la creación de exposiciones.

*Tabla 4. ARt Maker: Requisito funcional 003*

### Creación de experiencias

RFS-004	Seleccionar fuente de imagen objetivo
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	El usuario debe poder elegir la fuente de la que procede la imagen que se quiere aumentar en cada experiencia.
Justificación	Sin una imagen objetivo no se pueden crear experiencias de realidad aumentada relacionadas con ella.

Tabla 5. ARt Maker: Requisito funcional 004

RFS-005	Elegir imagen objetivo de galería de imágenes
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Elegir una imagen objetivo de las que estén incluidas en el material para la creación de exposiciones del usuario.
Justificación	El usuario puede querer aumentar una imagen que en ese momento no tenga delante físicamente y se encuentre en su material.

Tabla 6. ARt Maker: Requisito funcional 005

RFS-006	Tomar fotografía de la imagen objetivo
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Capturar la imagen objetivo mediante la cámara del dispositivo.
Justificación	El usuario puede querer aumentar una imagen que tenga delante físicamente.

Tabla 7. ARt Maker: Requisito funcional 006

RFS-007	Añadir elementos virtuales
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Añadir uno o varios elementos virtuales con los que aumentar la imagen objetivo de cada experiencia.
Justificación	Es necesario para crear las experiencias.

Tabla 8. ARt Maker: Requisito funcional 007

RFS-008	Seleccionar tipo de elemento virtual
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Seleccionar el tipo del elemento virtual a añadir a la experiencia.
Justificación	Los elementos virtuales deben estar categorizados para facilitar la incorporación de estos a la experiencia.

Tabla 9. ARt Maker: Requisito funcional 008

RFS-009	Seleccionar imagen como elemento virtual
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Seleccionar una imagen como elemento virtual a añadir a la experiencia de entre los materiales.
Justificación	El usuario puede querer incorporar imágenes a la experiencia.

Tabla 10. ARt Maker: Requisito funcional 009

RFS-010	Seleccionar video como elemento virtual
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Seleccionar un video como elemento virtual a añadir a la experiencia de entre los materiales.
Justificación	El usuario puede querer incorporar videos a la experiencia.

Tabla 11. ARt Maker: Requisito funcional 010

RFS-011	Seleccionar video transparente como elemento virtual
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Seleccionar un video transparente como elemento virtual a añadir a la experiencia de entre los materiales.
Justificación	El usuario puede querer incorporar videos transparentes a la experiencia.

Tabla 12. ARt Maker: Requisito funcional 011



RFS-012	Seleccionar audio como elemento virtual
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Seleccionar un audio como elemento virtual a añadir a la experiencia de entre los materiales.
Justificación	El usuario puede querer incorporar audios a la experiencia.

Tabla 13. ARt Maker: Requisito funcional 012

RFS-013	Modificar la posición del elemento virtual
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Modificar la posición de cada elemento virtual añadido a la experiencia con respecto de la imagen objetivo.
Justificación	Los usuarios deben poder elegir la posición de los elementos virtuales añadidos.

Tabla 14. ARt Maker: Requisito funcional 013

RFS-014	Modificar el tamaño del elemento virtual
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Modificar el tamaño de cada elemento virtual añadido a la experiencia con respecto de la imagen objetivo.
Justificación	Los usuarios deben poder elegir el tamaño de los elementos virtuales añadidos.

Tabla 15. ARt Maker: Requisito funcional 014

RFS-015	Eliminar elemento virtual
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Eliminar un elemento virtual añadido a la experiencia.
Justificación	Los usuarios deben poder eliminar elementos virtuales añadidos a la experiencia.

Tabla 16. ARt Maker: Requisito funcional 015

RFS-016	Guardar experiencia
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Guardar el resultado de la experiencia creada.
Justificación	Los usuarios deben poder guardar las experiencias creadas para cada exposición.

Tabla 17. ARt Maker: Requisito funcional 016

RFS-017	Guardar exposición
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Guardar y generar el resultado de la exposición creada.
Justificación	Los usuarios deben poder guardar y generar las exposiciones creadas.

Tabla 18. ARt Maker: Requisito funcional 017

### **Visionado de exposiciones**

RFS-018	Ver listado de exposiciones
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Ver el listado de las exposiciones creadas anteriormente que no han sido borradas.
Justificación	El usuario debe poder ver el listado de las exposiciones creadas.

Tabla 19. ARt Maker: Requisito funcional 018

RFS-019	Ver exposición
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Ver el resultado de la exposición enfocando con la cámara del dispositivo a las imágenes objetivo asociadas.
Justificación	El usuario debe poder ver el resultado de las exposiciones creadas.

Tabla 20. ARt Maker: Requisito funcional 019

RFS-020	Eliminar exposición
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Eliminar y dejar de compartir con la aplicación ARt Visor una exposición ya creada.
Justificación	El usuario debe poder eliminar una exposición ya creada.

Tabla 21. ARt Maker: Requisito funcional 020

### **Sincronización y compartición de archivos**

RFS-021	Sincronizar materiales
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Sincronizar los archivos materiales destinados a la composición de exposiciones almacenados en el ordenador del usuario.
Justificación	El usuario debe poder cargar su propio material en la aplicación de una forma fácil.

Tabla 22. ARt Maker: Requisito funcional 021

RFS-022	Compartir exposición
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Compartir cada exposición creada automáticamente con la aplicación ARt Visor.
Justificación	Las exposiciones generadas deben estar disponibles para su visualización desde la aplicación ARt Visor.

Tabla 23. ARt Maker: Requisito funcional 022

### 3.4.1.2. Requisitos del entorno

REN-001	Tablet
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe funcionar en Tablets.
Justificación	La composición de las experiencias requiere del uso de una pantalla amplia como la de las Tablets.

Tabla 24. ARt Maker: Requisito del entorno 001

REN-002	Cámara
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	El dispositivo debe tener una cámara.
Justificación	La cámara es necesaria para visualizar las exposiciones generadas.

Tabla 25. ARt Maker: Requisito del entorno 002

REN-003	Conexión a internet mediante Wi-Fi
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	El dispositivo debe estar conectado a internet.
Justificación	La conexión a internet es necesaria para el funcionamiento de la aplicación que puede requerir la transmisión de grandes cantidades de datos.

Tabla 26. ARt Maker: Requisito del entorno 003

REN-004	Espacios bien iluminados
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe usarse en espacios bien iluminados.
Justificación	Las imágenes objetivo serán reconocidas siempre que la cámara pueda capturarla de forma clara.

Tabla 27. ARt Maker: Requisito del entorno 004

### 3.4.1.3. Requisitos de datos

RDT-001	Identificación de exposiciones
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Las exposiciones creadas deben identificarse mediante un nombre.
Justificación	Es necesario que las exposiciones puedan identificarse entre sí de manera clara y concisa.

Tabla 28. ARt Maker: Requisito de datos 001

RDT-002	Uso de imágenes
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe permitir usar imágenes en formatos comunes como JPG y PNG.
Justificación	Es necesario que la aplicación permita manejar imágenes en los formatos más comunes para la creación de experiencias.

Tabla 29. ARt Maker: Requisito de datos 002

RDT-003	Uso de vídeos
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe permitir usar vídeos en formatos comunes como MPEG-4.
Justificación	Es necesario que la aplicación permita manejar vídeos en formatos comunes para la creación de experiencias.

Tabla 30. ARt Maker: Requisito de datos 003

RDT-004	Uso de audios
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe permitir usar audios en formatos comunes como MP3.
Justificación	Es necesario que la aplicación permita usar audios en formatos comunes para la creación de experiencias.

Tabla 31. ARt Maker: Requisito de datos 004

RDT-005	Uso de ficheros
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe poder leer y escribir ficheros.
Justificación	Parte de las exposiciones generadas serán descritas mediante ficheros.

Tabla 32. ARt Maker: Requisito de datos 005

#### 3.4.1.4. Requisitos de perfil del usuario

RPU-001	Usuarios potenciales
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Los usuarios potenciales tendrán edades comprendidas entre los 16 y los 65 años.
Justificación	Artistas en edad de trabajar interesados por la realidad aumentada habituados al uso de PC, Smartphone y Tablet.

Tabla 33. ARt Maker: Requisito de perfil de usuario 001

RPU-002	Idioma
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación se encontrará disponible en español e inglés.
Justificación	Contará con la lengua del país donde se desarrolla la aplicación (España), e inglés para llegar a un público internacional.

Tabla 34. ARt Maker: Requisito de perfil de usuario 002

RPU-003	Familiaridad con el uso
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	El usuario estará habituado al uso de PC y Smartphone o Tablet.
Justificación	La aplicación será usada por personas que utilizan PC y Tablet o Smartphone de forma habitual.

Tabla 35. ARt Maker: Requisito de perfil de usuario 003

RPU-004	Edición de multimedia
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input checked="" type="checkbox"/> Opcional
Descripción	El usuario estará habituado al uso programas de edición de imágenes, video y audio.
Justificación	La creación de materiales a medida requiere del uso de programas de edición de multimedia.

Tabla 36. ARt Maker: Requisito de perfil de usuario 004

#### 3.4.1.5. Requisitos de usabilidad

RUS-001	Fácil de aprender
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe ser fácil de aprender.
Justificación	El usuario debe poder aprender rápidamente a usar la aplicación.

Tabla 37. ARt Maker: Requisito de usabilidad 001

RUS-003	Interfaz efectiva
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Utilizar recursos de programación que faciliten la navegación, la cumplimentación de formularios y la realización de las tareas principales de la aplicación.
Justificación	La interfaz debe ser clara y sencilla para que el usuario pueda realizar las tareas de forma rápida y con poco esfuerzo.

Tabla 38. ARt Maker: Requisito de usabilidad 003

RUS-004	Prevención de errores
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe evitar que se produzcan errores de los usuarios. Se usarán mensajes descriptivos y se proporcionaran acciones para cancelar o volver a tras.
Justificación	La creación de las experiencias y exposiciones puede resultar costosa. Hay que evitar que se pierda el trabajo realizado de forma indeseada.

Tabla 39. ARt Maker: Requisito de usabilidad 004

RUS-005	Pantallas de carga
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Las operaciones de la aplicación que requieran tiempo de procesamiento deben representar su progreso en pantallas de carga.
Justificación	Es necesario que el usuario sepa que la aplicación está realizando tareas mientras espera para volver a interactuar.

Tabla 40. ARt Maker: Requisito de usabilidad 005

### 3.4.2. ARt Visor

A continuación se especifican los requisitos de la aplicación ARt Visor.

#### 3.4.2.1. Requisitos funcionales

##### Visionado de exposiciones

RFS-001	Ver listado de exposiciones
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Ver el listado de las exposiciones creadas anteriormente con la aplicación ARt Maker y que no han sido borradas.
Justificación	El usuario debe poder ver el listado de las exposiciones creadas.

Tabla 41. ARt Visor: Requisito funcional 001



RFS-002	Ver exposición
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Ver el resultado de la exposición enfocando con la cámara del dispositivo a las imágenes objetivo asociadas.
Justificación	El usuario debe poder ver el resultado de las exposiciones creadas.

Tabla 42. ARt Visor: Requisito funcional 002

### **Sincronización y compartición de archivos**

RFS-003	Sincronizar exposiciones
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Sincronizar las exposiciones creadas y compartidas mediante la aplicación ARt Maker.
Justificación	El usuario debe poder cargar de forma fácil las exposiciones creadas y compartidas.

Tabla 43. ARt Visor: Requisito funcional 003

### **3.4.2.2. Requisitos del entorno**

REN-001	Dispositivo móvil
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	El usuario debe disponer de una Tablet o Smartphone para la utilización de la aplicación.
Justificación	El visualizado de las exposiciones requiere de un dispositivo móvil que pueda desplazarse sin necesidad de cables.

Tabla 44. ARt Visor: Requisito del entorno 001

REN-002	Cámara
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	El dispositivo debe tener una cámara.
Justificación	La cámara es necesaria para visualizar las exposiciones.

Tabla 45. ARt Visor: Requisito del entorno 002

REN-003	Conexión a internet mediante Wi-Fi
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input checked="" type="checkbox"/> Opcional
Descripción	El dispositivo debe estar conectado a internet sólo para la sincronización de las exposiciones.
Justificación	La conexión a internet es necesaria para la sincronización de las exposiciones creadas mediante ARt Maker. Sin embargo, la visualización de las exposiciones no requiere de conexión.

Tabla 46. ARt Visor: Requisito del entorno 003

REN-004	Espacios bien iluminados
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe usarse en espacios bien iluminados.
Justificación	Las imágenes objetivo serán reconocidas siempre que la cámara pueda capturarla de forma clara.

Tabla 47. ARt Visor: Requisito del entorno 004

### 3.4.2.3. Requisitos de datos

RDT-001	Identificación de exposiciones
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Las exposiciones creadas deben identificarse mediante un nombre.
Justificación	Es necesario que las exposiciones puedan identificarse entre sí de manera clara y concisa.

Tabla 48. ARt Maker: Requisito de datos 001

RDT-002	Uso de imágenes
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe permitir usar imágenes en formatos comunes como JPG y PNG.
Justificación	Es necesario que la aplicación permita manejar imágenes en los formatos más comunes para la visualización de experiencias.

Tabla 49. ARt Maker: Requisito de datos 002

RDT-003	Uso de vídeos
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe permitir usar vídeos en formatos comunes como MPEG-4.
Justificación	Es necesario que la aplicación permita manejar vídeos en formatos comunes para la visualización de experiencias.

Tabla 50. ARt Maker: Requisito de datos 003

RDT-004	Uso de audios
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe permitir usar audios en formatos comunes como MP3.
Justificación	Es necesario que la aplicación permita usar audios en formatos comunes para la visualización de experiencias.

Tabla 51. ARt Maker: Requisito de datos 004

RDT-005	Uso de ficheros
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe poder leer y escribir ficheros.
Justificación	Parte de las exposiciones generadas serán descritas mediante ficheros.

Tabla 52. ARt Maker: Requisito de datos 005

#### 3.4.2.4. Requisitos de perfil del usuario

RPU-001	Usuarios potenciales
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Los usuarios potenciales podrán tener edades muy diversas, desde niños hasta ancianos.
Justificación	Personas interesadas por el arte que pueden tener, o no, conocimiento sobre el uso de Smartphones o Tablets.

Tabla 53. ARt Visor: Requisito de perfil de usuario 001

RPU-002	Idioma
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación se encontrará disponible en español e inglés.
Justificación	Contará con la lengua del país donde se desarrolla la aplicación (España), e inglés para llegar a un público internacional.

Tabla 54. ARt Visor: Requisito de perfil de usuario 002

RPU-003	Familiaridad con el uso
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	El usuario no tiene por que estar habituado al uso de dispositivos móviles.
Justificación	La aplicación será usada por personas que que pueden tener, o no, conocimiento sobre el uso de dispositivos móviles.

Tabla 55. ARt Visor: Requisito de perfil de usuario 003

#### 3.4.2.5. Requisitos de usabilidad

RUS-001	Sencillez de uso
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe ser sencilla de usar.
Justificación	El usuario usará la aplicación en pocas ocasiones y no debe gastar tiempo en aprender a usar la aplicación.

Tabla 56. ARt Visor: Requisito de usabilidad 001

RUS-002	Minimizar la interacción con la interfaz gráfica
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	El usuario no debe interactuar lo menos posible con la interfaz gráfica de la aplicación.
Justificación	El usuario debe centrarse únicamente en disfrutar de las exposiciones.

Tabla 57. ARt Visor: Requisito de usabilidad 002

RUS-004	Interfaz efectiva
Necesidad	<input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Utilizar recursos de programación que faciliten la navegación, la cumplimentación de formularios y la realización de las tareas principales de la aplicación.
Justificación	La interfaz debe ser clara y sencilla para que el usuario pueda realizar las tareas de forma rápida y con poco esfuerzo.

Tabla 58. ARt Visor: Requisito de usabilidad 004

RUS-005	Prevención de errores
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	La aplicación debe evitar que se produzcan errores de los usuarios. Se usarán mensajes descriptivos y se proporcionaran acciones para cancelar o volver a tras.
Justificación	Se debe proporcionar la posibilidad de revertir acciones no intencionadas del usuario.

Tabla 59. ARt Visor: Requisito de usabilidad 005

RUS-006	Pantallas de carga
Necesidad	<input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional
Descripción	Las operaciones de la aplicación que requieran tiempo de procesamiento deben representar su progreso en pantallas de carga.
Justificación	Es necesario que el usuario sepa que la aplicación está realizando tareas mientras espera para volver a interactuar.

Tabla 60. ARt Visor: Requisito de usabilidad 006

## 4. Diseño e implementación

### 4.1. Introducción y proceso de diseño

Durante este capítulo se describen las aplicaciones móviles del sistema prototipo diseñadas, desarrolladas y evaluadas a lo largo de este proyecto. ARt Maker, que permite a los usuarios crear exposiciones de realidad aumentada, y ARt Visor, que permite el visionado de las exposiciones producidas con la aplicación anterior.

El objetivo principal que se busca es desarrollar una interfaz útil y efectiva. Para conseguirlo, se ha seguido un *Diseño Centrado en el Usuario*, explicado en el apartado 1.3. *Método de diseño e implementación*.

En el apartado 2. *Estado del arte* se han analizado y comparado las diversas aplicaciones de creación de experiencias de realidad aumentada, durante el punto 3. *Escenarios y requisitos* se han estudiado distintos escenarios donde pueden ser utilizado el sistema ARt, y a partir de ellos se han obtenido los requisitos que deberá cumplir cada aplicación del sistema para proporcionar toda la funcionalidad necesaria.

A lo largo del apartado 4.2. *Tecnología*, se muestra el proceso de decisión de las tecnologías a utilizar para el desarrollo del sistema, y a su vez, también se explican las tecnologías utilizadas para implementar las funcionalidades más complejas requeridas.

Mediante el punto 4.3. *Marco regulador* se realiza un análisis de algunas regulaciones, tanto técnicas como legales, que afectan de manera directa o indirecta al sistema.

Durante el capítulo 4.4. *Workflow: Flujo de trabajo*, describe el flujo de trabajo de cada una de las aplicaciones que componen el sistema ARt.

En el apartado 4.5. *Diseño de la interfaz*, se muestra el proceso seguido para realizar la interfaz de las aplicaciones móviles. Incluyendo *wireframes* de las distintas pantallas que las componen, y comparándolas con el diseño final.

Por último, en el apartado 4.6. *Detalles de implementación y desarrollo*, se explica la arquitectura del sistema, la manera de implementar la interfaz gráfica, el proceso de generación de las exposiciones, el funcionamiento de visor de realidad aumentada, y finalmente, se detallan las librerías utilizadas para el desarrollo del sistema.

## 4.2. Tecnología

### 4.2.1. Alternativas de diseño

A continuación se muestra el proceso de selección de las tecnologías utilizadas para la implementación del sistema ARt, teniendo en cuenta las necesidades representadas por los requisitos y buscando siempre el menor desembolso económico.

Entre estas alternativas, se valoran la selección del sistema operativo del dispositivo móvil, el entorno de desarrollo, el *framework* de realidad aumentada a utilizar, y la tecnología de traspaso y sincronización de archivos.

#### 4.2.1.1. Sistema operativo del dispositivo móvil

Uno de los requisitos fundamentales del sistema ARt es que las aplicaciones que lo forman funcionen en dispositivos móviles, por lo tanto se ha de seleccionar el sistema operativo móvil sobre el que implementar el sistema

A día de hoy, los sistemas operativos móviles más usados a nivel mundial según los datos proporcionados por *NetMarketShare* [28] son los que se muestran en la figura 2.

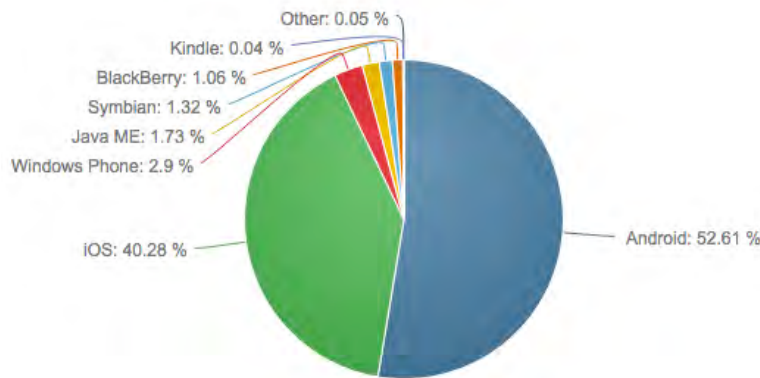


Figura 2. Gráfico de sistemas operativos móviles más usados

Como podemos observar, *Android* es el más utilizado con un 52,61% de los usuarios, seguido bastante de cerca por *iOS* con un 40,28% del mercado, mientras que el resto de sistemas juntos apenas superan el 7%.

Teniendo en cuenta estos datos, y con el objetivo de llegar a la mayor cantidad de usuarios, las opciones se reducen a *Android* e *iOS*.

El principal inconveniente de desarrollar aplicaciones en *iOS* es la necesidad de pagar una licencia de desarrollador [29] para poder probar las aplicaciones en un terminal físico y publicarlas en la tienda *Apple Store*. El precio de la suscripción de esta licencia asciende a los 99\$ al año.

Sin embargo, en el caso de *Android*, se puede desarrollar y probar aplicaciones de manera gratuita [30], y tan solo requiere el pago de una licencia para publicar las aplicaciones en la tienda *Google Play*, cuyo precio es tan solo de 25\$, como se muestra en la web oficial de *Google*.

De esta forma *Android* resulta el sistema operativo más económico de los dos, y por tanto el elegido para el desarrollo de este proyecto.

#### 4.2.1.2. Entorno de desarrollo

Debido a la selección de *Android* como sistema operativo en el apartado 4.2.1.1. *Sistema operativo del dispositivo móvil*, se requiere de un entorno de desarrollo de esta plataforma, para la cual existen dos principales entornos: *Eclipse* y *Android Studio*.

*Eclipse* [31] es uno de los principales entornos utilizados para el desarrollo de aplicaciones *Java*. Existe un *plugin* para *Eclipse* llamado *Android Development Tools (ADT)*, que permite programar aplicaciones para *Android*.



*Android Studio* [32], por su parte, está basado en el entorno *IntelliJ IDEA*, y permite el desarrollo directo de aplicaciones Android sin la necesidad de instalar ningún *plugin*.

*Eclipse* con el *plugin ADT* fue el entorno de desarrollo oficial de *Android*, pero a finales del año 2014 fue sustituido por *Android Studio*, finalizando también con el soporte del *plugin ADT*, tal y como podemos ver en su web oficial [33].

El motivo anterior es suficiente para justificar la selección de **Android Studio** como entorno de desarrollo principal de este proyecto.

#### 4.2.1.3. *Framework de Realidad Aumentada*

Una de las funcionalidades principales de la aplicación a desarrollar es la creación y visionado de experiencias de realidad aumentada. Para ello es necesario el uso de un *framework* que permita la integración de esta tecnología en la aplicación, y que además sea compatible con *Android*, elegido en el punto 4.2.1.1. *Sistema operativo del dispositivo móvil*.

Los *frameworks* valorados a continuación cumplen parte de los requisitos enunciados en el apartado 3.3. *Análisis de requisitos* relacionados con la realidad aumentada, como son el seguimiento de imágenes y la superposición de elementos virtuales (imágenes, videos, audios y elementos 3D).

La primera alternativa es proporcionada por *ARLab* [34], una empresa española dedicada a la realización de productos basados en realidad aumentada. Uno de estos es *Image Tracking*, que permite realizar el reconocimiento y seguimiento de imágenes, y superponer sobre estas imágenes y videos. Desgraciadamente este producto solo está disponible para *iOS*, y su precio asciende a 399€ por aplicación, por lo que queda descartada.

La segunda alternativa es *Vuforia* [35], desarrollada por *Qualcomm*. Este *framework* permite, entre otras funcionalidades, el seguimiento y reconocimiento de imágenes, y la superposición de elementos 3D. *Vuforia* requiere que el desarrollo de las experiencias de realidad aumentada se realice mediante *Unity3D*. La mayor parte de las funcionalidades de este *framework* pueden ser usadas con la versión gratuita.

Otra alternativa es *Wikitude SDK* [36]. Esta permite, entre otras funcionalidades, el reconocimiento y seguimiento de imágenes, y superponer sobre estas elementos virtuales como imágenes, videos, elementos 3D, elementos *HTML*, etc. Utiliza código *JavaScript* y *HTML* para la generación de las experiencias de realidad aumentada. No es gratuito y

tiene diversos tipos de suscripción, pero también proporciona un periodo de prueba de 30 días y una licencia educativa gratuita [37] para estudiantes, profesores e investigadores, que proporciona las mismas ventajas que *Wikitude SDK PRO* valorado en 990€.

De entre estas alternativas **Wikitude** es la elegida debido a que sus capacidades encajan perfectamente con la aplicación a desarrollar, y aparentemente, presenta una forma de implementación sencilla sin necesidad de herramientas exteriores como en el caso de *Vuforia*.

#### 4.2.1.4. Traspaso y sincronización de archivos

Otro de los requisitos del sistema consiste en el traspaso y sincronización de archivos, tanto materiales para la creación de las exposiciones, como las exposiciones en si.

El usuario además, debe poder introducir sus materiales en la aplicación de la manera más sencilla posible usando el mismo ordenador o dispositivo desde el que realice la creación de los materiales.

Para cubrir estas consideraciones se han encontrado las siguientes alternativas:

- **Montar un servidor de ficheros:** esta opción consiste en montar un servidor de ficheros en internet, que use un protocolo como *FTP* [38], alojado en una maquina externa al sistema de aplicaciones ART, donde las aplicaciones mediante un *API* puedan subir y descargar los ficheros necesarios distribuidos por carpetas.

El principal inconveniente de esta opción es que habría que desarrollar un sistema de identificación de usuarios que permita a cada uno manejar solo sus ficheros.

- **Utilizar un servicio de almacenamiento en la nube:** en este caso [39], se debería contratar uno de los muchos servicios gratuitos de este estilo que hay en internet.

Algunas de las ventajas de esta elección, es que muchos de estos servicios proporcionan *APIs* mediante las que aplicaciones externas pueden subir y descargar ficheros de manera programática; y por otro lado, estos servicios proporcionan clientes web, móvil y de escritorio para que los usuarios manejen y vean solo sus propios archivos.

Tras valorar estas posibles opciones, contratar un servicio de almacenamiento en la nube parece ser la mejor opción, ya que dispone de distinción de usuarios, lo cual supone menos tiempo de desarrollo, y el manejo de los archivos puede realizarse prácticamente desde cualquier dispositivo con acceso a internet de una forma bastante sencilla.

Ahora bien, existe una gran variedad de servicios de almacenamiento en la nube, de entre todos ellos destacan: *Dropbox* [40], *Google Drive* [41] y *OneDrive* [42].

Todas estas opciones proporcionan servicios gratuitos muy similares e igual de útiles para el desarrollo del sistema ART.

En este caso, **Dropbox** ha resultado seleccionado debido a que es el servicio que lleva más tiempo funcionando, desde 2007, dispone de *APIs* para el desarrollo de aplicaciones de múltiples plataformas, entre ellas Android, y cuenta con más de 100 millones de usuarios actualmente.

#### 4.2.2. Wikitude

*Wikitude* es un *SDK* desarrollado para la creación de aplicaciones de realidad aumentada basada en el reconocimiento y seguimiento de imágenes mediante una cámara, a partir de las que se puede superponer elementos virtuales como imágenes, videos, elementos 3D, elementos HTML, etc.

Este SDK es compatible con numerosas tecnologías y plataformas: *Android*, *iOS* y *Smartglasses* (*Google Glass*, *Epson Moveiro* y *Vuzix*), así como *Web* y *plugins* multiplataforma como *Cordova*, *PhoneGap*, *Titanium* y *Xamarin*.

*Wikitude* no es un *API* nativa, utiliza *HTML* y *JavaScript* como principal medio de codificación, y usa tecnologías como *JSON* o servicios *RESTful*.

No es un SDK gratuito, dispone de numerosos tipos de licencias que se adecuan a las necesidades de cada desarrollo. Pero dispone de un tipo de licencia educativa para estudiantes e investigadores, que no cubre todas las funcionalidades de *Wikitude*.

*Wikitude* permite realizar las siguientes acciones:

##### **Reconocer imágenes mediante el Cliente**

El reconocimiento de imágenes de la cámara puede realizarse en el mismo cliente mediante *Client Recognition*, a través del cual se puede realizar un seguimiento de las imágenes objetivo.

- Las imágenes objetivo, deben ser incluidas en la aplicación en un fichero especial llamado *Wikitude Target Collection (.wtc)*.
- Los *Target Collection* pueden generarse mediante la herramienta web *Target Manager Tool*, pero también pueden obtenerse a través de *Target API*, un servicio web proporcionado por *Wikitude* que recibe como parámetro un objeto *JSON* con las direcciones *URL* de las imágenes (estas imágenes no pueden superar el tamaño de 1MB), y devuelve el fichero *.wtc* con el *Target Collection* deseado.
- Las imágenes objetivo deben estar en formato *.jpg* o *.png* y tienen que cumplir un mínimo de claridad y contraste, además de estar compuestas por elementos bien distinguidos.

### **Reconocer imágenes mediante Cloud**

El reconocimiento de imágenes también puede realizarse usando *Wikitude Cloud Recognition*, el cuál es un servicio basado en la nube proporcionado por *Wikitude* que reconoce imágenes enviadas desde los clientes.

- Se basa en servicios *RESTful* integrados en un *API* llamado *Manager API*.
- Las imágenes objetivo deben estar en formato *.jpg* o *.png*, no superar el tamaño de 1MB y tienen que cumplir un mínimo de claridad y contraste, además de estar compuestas por elementos bien distinguidos.
- Se debe crear un *Cloud Target Collection* con las imágenes objetivo a reconocer.
- El reconocimiento puede realizarse al hacer *tap* sobre la pantalla del dispositivo, o bien de forma continua.
- Se pueden incluir metadatos en la respuesta del servicio ante el reconocimiento de una imagen objetivo.
- Existen limitaciones en el número de imágenes objetivos en el *Cloud* y en el número de escaneos mensual, dependiendo del tipo de licencia.

### **Añadir imágenes**

Se pueden añadir imágenes encima de cualquier imagen objetivo o pueden ser mostrados en cualquier geolocalización, permitiendo modificar su escala, rotación y opacidad.

- Las imágenes añadidas sólo pueden estar en formato *.jpg* o *.png*.

### **Añadir audios**

Se pueden añadir audios que suenen al reconocer una imagen objetivo o pueden ser reproducidos en una geolocalización concreta y permite modificar el estado de reproducción.

- Los audios deben estar en formato *.mp3*.

### **Añadir elementos HTML**

Se pueden añadir elementos *HTML* encima de cualquier imagen objetivo o pueden ser mostrados en cualquier geolocalización, permitiendo modificar su escala, rotación y opacidad.

### **Añadir videos**

Se pueden añadir videos encima de cualquier imagen objetivo o pueden ser mostrados en cualquier geolocalización, permitiendo modificar su escala, rotación y opacidad.

- En general es completamente soportado por dispositivos que ejecutan *iOS 6+* y *Android 4.0+* (*Android 3.0-* sólo pantalla completa).
- Se pueden mostrar tan sólo hasta 4 vídeos al mismo tiempo.
- Para que el video sea soportado en todas las plataformas debe estar codificado con *H.264 (.mp4)* con un máximo de resolución de 720p.
- Los videos pueden estar en almacenamiento local o en un servidor externo.
- Para añadir un video sobre la imagen, hay que indicar su posición sobre ella.
- Los videos se pueden reproducir inmediatamente según son reconocidos, también se puede añadir control de reproducción.
- Se puede realizar una instantánea del video para realizar el seguimiento del elemento al parar el video.
- También se pueden introducir videos transparentes grabados que incluyan *alpha channel* compatibles con *Wikitude*.

### **Añadir Points of Interest (POI):**

Permite crear marcadores colocados en una geolocalización específica.

- Primero debe presentarse una imagen en una geolocalización, a continuación marcar los *POIs* sobre la imagen y añadir etiquetas. Puede haber varios *POIs* en una misma localización.

- Se puede definir la forma de selección de *POIs* para la interacción con ellos.
- Los datos de los *POIs* se pueden obtener desde la misma aplicación (bases de datos o creados directamente en el código), desde una fuente local externa a la aplicación, o desde un *WebService*. Se recomienda el uso de objetos *JSON*.
- En caso de tener una gran cantidad de *POIs* en una misma zona, la forma en que se muestran es un desafío. Se dan distintas opciones para mostrarlos como superponer unos encima de otros, utilizar un radar AR, definir cual es el rango de distancia máximo que se abarca, el número máximo de *POIs* mostrados, etc.
- Puede ser combinado con el uso de *Client Recognition*, para que una imagen objetivo sea aumentado con diferentes elementos virtuales dependiendo de la geolocalización desde el que se observe.

### **Añadir modelos 3D**

Podemos aumentar una imagen objetivo con contenido 3D.

- Sólo se admiten ficheros en formato *Wikitude 3D (.wt3)*.
- Los contenidos 3D pueden ser realizados mediante *Maya* o *Blender*, pero deben ser transformados después al formato especificado utilizando *Wikitude 3D Encoder*, que admite ficheros en formato *.fbx* y *.dae*.
- El contenido 3D se renderiza en el fondo como objetos 2D, debido a restricciones internas del *SDK*, que serán cambiadas en versiones posteriores.
- Para añadir un objeto 3D sobre la imagen, hay que indicar su posición sobre ella. A continuación se definen propiedades de animación e interactividad, y finalmente se añade el complemento a la pantalla de modo que el modelo pueda ser explorado de forma inmersiva mediante seguimiento.
- También es posible añadir modelos 3D en cualquier tipo de localización tanto geográfica como relativa.

### **Controlar el Hardware**

Permite seleccionar el uso de las cámaras, tanto frontal como trasera. También se pueden modificar parámetros como el zoom, auto enfoque o el flash.

#### 4.2.3. Dropbox

*Dropbox* es un sistema de almacenamiento en la nube ampliamente extendido, a día de hoy cuenta con más de 400 millones de usuarios, y permite a cada uno almacenar todo tipo de archivos y carpetas.

Cada usuario de *Dropbox* posee una cuenta en la que se almacenan sus archivos y a los que tan solo él puede acceder.

Este sistema de almacenamiento cuenta proporciona 2GB de espacio gratis, que pueden aumentar hasta 16GB de forma gratuita realizando acciones como recomendar *Dropbox* en redes sociales, o invitar a otros amigos a usar la aplicación. También dispone de suscripciones de pago para particulares con espacio de hasta 1TB, y suscripciones para empresas con hasta 5TB.

Los usuarios pueden entrar a su cuenta de *Dropbox* desde cualquier lugar y dispositivo con conexión a internet a través de su página web, o mediante sus clientes para dispositivos móviles y escritorio.

Mientras que los clientes para dispositivos móviles sólo permiten acceder a la cuenta del usuario para descargar, subir, visualizar o editar sus archivos, el cliente de escritorio permite también la sincronización de los archivos almacenados en la cuenta de *Dropbox* con una carpeta del ordenador del usuario, lo cual resulta tremendamente útil y fácil de usar.

*Dropbox* también permite compartir carpetas con otros usuarios, lo cual facilita el trabajo colaborativo, ya que así se proporciona el acceso y edición de los archivos contenidos a otros usuarios.

Para desarrolladores, *Dropbox* proporciona diversas *API's*, como *Sync API* que permite interactuar directamente con ficheros y carpetas de una cuenta con acciones como subir y descargar archivos desde otras aplicaciones, ya sean web, de escritorio o móviles.

### 4.3. Marco regulador

Durante este apartado se realiza un análisis de algunas regulaciones tanto técnicas como legales que afectan de manera directa o indirecta al sistema ART definido durante la extensión de este documento.

#### 4.3.1. Marco regulador técnico

A continuación se citan algunas de las principales regulaciones técnicas que afectan al sistema ART tanto en desarrollo e implementación, como en el uso del mismo.

#### 4.3.1.1. Requisitos de la aplicación

El primer aspecto que regula el sistema tecnológicamente, son los mismos requisitos que la definen, los cuales se han definido en el apartado 3.3. *Análisis de requisitos*, los cuales se han conseguido llevar a cabo casi en su totalidad tal y como se describe a lo largo del apartado 4. *Diseño e implementación*.

#### 4.3.1.2. Tecnología disponible

Otro aspecto importante que limita el funcionamiento del sistema es sin duda la tecnología existente, de la cual se ha hablado en el apartado 4.2. *Tecnología*, que permite alcanzar los objetivos del sistema a desarrollar. De entre todas las tecnologías existentes se han elegido aquellas que suponían menos limitaciones y más se adaptaban al proyecto.

#### 4.3.1.3. Wikitude

Como se ha descrito anteriormente en el apartado 4.2.2. *Wikitude*, *Wikitude* es el *framework* elegido como motor de las exposiciones de realidad aumentada realizadas por el sistema ARt.

El uso de esta tecnología implica la aceptación de las limitaciones de la misma. Algunas de las principales limitaciones son las siguientes:

##### 4.3.1.3.1. Implementación de la tecnología

El uso de esta tecnología supone como principal limitación el uso de un *SDK* externo basado en *JavaScript*, lo cual impide la programación de la aplicación de forma totalmente nativa sistema operativo del dispositivo, *Android* en este caso. Lo cual no ha sido en sí un problema, tal y como se describe en el apartado 4.5. *Detalles de la implementación*.

##### 4.3.1.3.2. Licencia Wikitude SDK

De cara a la utilización y desarrollo usando el *SDK* de *Wikitude*, es necesario de una licencia que permita su uso. En este caso, para el desarrollo de este prototipo se ha utilizado la licencia educativa, pero en caso de querer comercializar la aplicación es necesario realizar el pago de la licencia *Wikitude SDK PRO*, que incluye las mismas posibilidades que la licencia educativa.

##### 4.3.1.3.3. Licencia Target API

Como se menciona en el apartado 4.2.2. *Wikitude*, para la creación de archivos *Wikitude Target Collection* que incluyan más de una imagen asociada a reconocer, es necesario del pago de una licencia que permita su uso completo.



Esta licencia es necesaria para el funcionamiento total del sistema ART, aunque no ha sido implementada en el prototipo desarrollado debido a que esta licencia no viene incluida con la licencia de educación de *Wikitude*, y su precio es algo elevado.

#### 4.3.1.4. Dropbox

Como se ha enunciado anteriormente en el apartado 4.2.3. *Dropbox*, *Dropbox* es la tecnología usada para el almacenamiento de materiales y exposiciones en la nube.

El uso de esta tecnología implica la aceptación de las limitaciones de la misma. Algunas de las principales limitaciones son las siguientes:

##### 4.3.1.4.1. Implementación de la tecnología

La inclusión de esta tecnología en el sistema ART requiere del uso de un *API* de comunicación que necesita de una clave asociada al proyecto que debe ser generada previamente.

##### 4.3.1.4.2. Creación de cuentas

El uso del sistema ART obliga al uso de una cuenta de *Dropbox*, lo cual puede limitar tecnológicamente al sistema dependiendo del espacio libre disponible en la cuenta del usuario.

#### 4.3.2. Marco regulador legal

En este apartado se comenta de forma breve algunas de las posibles leyes aplicables que afectan de forma directa o indirecta al sistema ART.

##### 4.3.2.1. Ley de Propiedad Intelectual

La principal funcionalidad del sistema ART consiste en aumentar imágenes utilizando diversos elementos de distintos formatos multimedia.

Todos los elementos que intervienen en la creación de exposiciones de realidad aumentada como imágenes, videos, audios, etc. pueden estar protegidos por la Ley de Propiedad Intelectual vigente en el territorio utilizado, en este caso España, y por tanto se debe tener en cuenta para la creación y divulgación de las exposiciones creadas con el sistema.

La *Ley 22/1987, de 11 de noviembre, de Propiedad Intelectual* [43], se extiende a lo largo de 167 artículos, y en resumen, lo más interesante de cara al uso del sistema presentado en este documento es que para utilizar, modificar, o divulgar material protegido por esta ley, se debe tener el permiso del autor, o bien ser el propio autor.

Esta misma Ley, a parte de restringir el uso de material protegido, también protege todas las experiencias de realidad aumentada creadas mediante este sistema, ya que se reconoce la autoría de la obra al autor de esta una vez se haya terminado su creación.

#### 4.3.2.2. Heredado del uso de Dropbox

El sistema ARt como se ha comentado en el apartado 4.2.3. *Dropbox*, hace uso del sistema de almacenamiento de archivos en la nube *Dropbox*.

Para hacer uso de esta tecnología es necesario que el usuario posea una cuenta en *Dropbox*, lo cual implica aceptar sus Términos y Condiciones [44].

Entre ellos se encuentran algunos como aceptar que el uso de este producto aplique las leyes de Canadá o no almacenar ni compartir elementos con derecho de propiedad intelectual sin permiso, del cual se comenta en el apartado 4.3.2.1. *Ley de Propiedad Intelectual*.

#### 4.3.2.3. Heredado del uso de Wikitude

El sistema ARt como se ha comentado en el apartado 4.2.2. *Wikitude*, hace uso de *Wikitude* como framework para la inclusión de la realidad aumentada.

Crear cualquier aplicación utilizando esta tecnología implica aceptar el Acuerdo de Licencia del Usuario Final [45] y los Términos y Condiciones [46] de esta.

Este acuerdo supone entre otros puntos, aceptar que el uso de este producto se rija bajo las leyes de Austria, no utilizar elementos con derecho de propiedad intelectual sin permiso, del cual se habla en el apartado 4.3.2.1. *Ley de Propiedad Intelectual* o utilizar la licencia educativa solo para fines educativos y no comerciales, para lo cual se requiere una licencia comercial.

### 4.4. Workflow: Flujo de trabajo

En este apartado se van a detallar los pasos que sigue el usuario para la creación de exposiciones en ARt Maker, y para el visionado de estas en ARt Visor, que han sido presentadas en el capítulo 3. *Escenarios y requisitos*.

#### 4.4.1. ARt Maker

El usuario, en primer lugar, debe disponer de conexión internet por *Wi-Fi*, tener una cuenta de *Dropbox* y cargar en ella el conjunto de archivos y carpetas necesarios para el funcionamiento de la aplicación.

A continuación el usuario instalará la aplicación ARt Maker en su Tablet *Android* y la inicializará.

La primera vez que el usuario entre en la aplicación debe vincularla a su cuenta de *Dropbox* iniciando sesión en ella, y a continuación comenzará la descarga de los ficheros contenidos en las carpetas creadas anteriormente, el resto de veces la aplicación comenzará directamente con la sincronización de materiales.

Una vez terminado este proceso, el usuario podrá cargar en la carpeta de “Materiales” de su cuenta de *Dropbox* las imágenes, videos, videos transparentes o audios que quiera incorporar en sus futuras exposiciones.

Tras esto, en la pantalla principal de la aplicación, el usuario pulsará el botón “Sincronizar materiales” y comenzará el proceso de descarga de los materiales almacenados en *Dropbox*.

A continuación, el usuario pulsará el botón “Crear Nueva Exposición”, introducirá un nombre identificativo para su exposición y añadirá experiencias a su exposición.

Para añadir experiencias, el usuario pulsará en el icono con el símbolo “+”, elegirá la fuente de selección de la imagen objetivo, o bien de la galería, escogiendo una imagen de las incluidas en los materiales, o bien mediante la captura de una fotografía.

A continuación se da paso a la composición de la experiencia. En una nueva pantalla se muestra un lienzo con la imagen objetivo en el centro, y un menú en el lateral izquierdo. El usuario seleccionará el botón “Añadir elemento” del menú izquierdo, elegirá un tipo de elemento (Imagen, Video, Video Transparente o Audio), y seleccionará el elemento deseado de entre sus materiales. Seguidamente, este elemento aparecerá sobre el lienzo, y seleccionado en el listado del menú izquierdo. El usuario podrá elegir la posición del elemento sobre el lienzo arrastrándolo con el dedo, y elegir su tamaño realizando el gesto de pinzas con dos dedos. El usuario podrá añadir o borrar tantos elementos como desee, y editar su posición y tamaño seleccionándolos en el listado del menú. Una vez terminada la composición de la experiencia, el usuario pulsará el botón “Guardar”.

El usuario puede añadir tantas experiencias como quiera, las cuales aparecerán en el listado de la exposición representadas por su imagen objetivo.

Una vez finalizada la creación de la exposición el usuario pulsará el botón “Generar Exposición”, dando paso a la pantalla de carga del proceso de generación, en el que la exposición se creará y se subirá a la cuenta de *Dropbox* vinculada. Terminado este proceso se volverá a mostrar la pantalla principal. Ahora el usuario podrá crear otra exposición, volver a sincronizar sus materiales, o ver sus exposiciones creadas.

Para ver una exposición creada anteriormente, el usuario pulsará el botón “Ver Exposiciones”, se mostrará un listado con todas las exposiciones creadas y seleccionará una de ellas. El usuario ahora podrá ver el resultado de la exposición pulsando el botón “Ver”, que dará lugar a la pantalla de visualizado de exposiciones donde el usuario sólo tendrá que apuntar con la cámara a las imágenes objetivos para ver los resultados. El usuario también podrá eliminar la exposición pulsando el botón “Eliminar”.

El usuario podrá volver atrás en cualquier pantalla revirtiendo así las acciones realizadas.

La figura 3 muestra el flujo de trabajo de la aplicación, una vez asociada la cuenta de *Dropbox* a la aplicación.

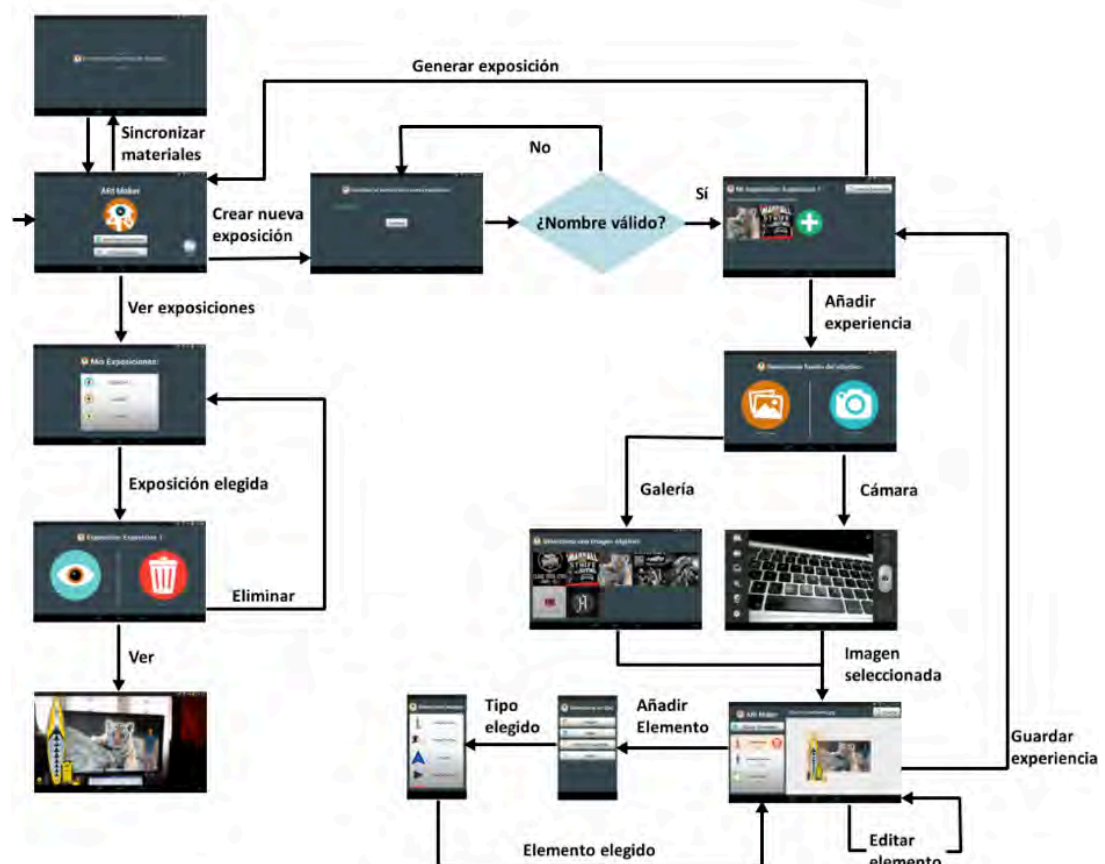


Figura 3. Diagrama de flujo de trabajo de Art Maker.

#### 4.4.2. ARt Visor

El usuario que instale esta aplicación, debe ser el mismo que el que utilice la aplicación ART Maker, y al igual debe disponer de conexión internet por *Wi-Fi*, tener una cuenta de *Dropbox*.

La primera vez que el usuario entre en la aplicación requerirá de conexión a internet *Wi-Fi* y debe vincular la aplicación a su cuenta de *Dropbox* iniciando sesión en ella, y a continuación comenzará la descarga de las exposiciones creadas con ART Maker, el resto de las veces no se necesitará conexión *Wi-Fi* y se mostrará directamente la pantalla principal.

Una vez terminado el proceso de descarga, se mostrará la pantalla principal.

Ahora el usuario podrá sincronizar las exposiciones creadas pulsando el botón “Sincronizar Exposiciones” que actualizará las exposiciones del dispositivo, sincronizándose así con las existentes en la aplicación ART Maker vinculada.

El usuario ahora también podrá ver el listado de exposiciones pulsando “Ver exposiciones”, y seleccionar la exposición que se desea visualizar, dando lugar a la pantalla de visualizado de exposiciones donde el usuario sólo tendrá que apuntar con la cámara a las imágenes objetivos para ver los resultados.

El usuario podrá volver atrás en cualquier pantalla revirtiendo así las acciones realizadas.

La figura 4 muestra el flujo de trabajo de la aplicación una vez vinculada la aplicación con *Dropbox*.

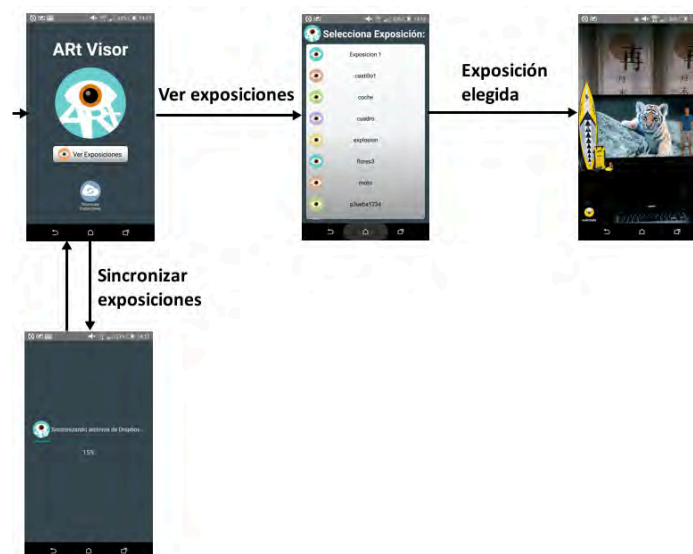


Figura 4. Diagrama de flujo de trabajo de ART Visor.

## 4.5. Diseño de la interfaz móvil

Como parte del proceso de diseño de las aplicaciones ARt Maker y ARt Visor, se han realizado *wireframes* de las distintas pantallas que lo componen.

A través de los *wireframes* de baja fidelidad, croquis realizados a mano alzada, se puede realizar un primer diseño de la aplicación de manera rápida y que sirve como base para los desarrollos posteriores. A partir de estos *wireframes* se ha creado la versión final de las pantallas de cada aplicación.

En este apartado se describen cada una de las pantallas de las aplicaciones que conforman el sistema prototipo (ARt Maker y ARt Visor). Además, para cada una, se realiza una comparativa entre el *wireframe* y el resultado final.

### 4.5.1. ARt Maker

A continuación se presenta el diseño de la interfaz de la aplicación ARt Maker.

#### 4.5.1.1. Pantalla de vinculación con Dropbox

La primera vez que se accede a la aplicación se pide al usuario que enlace la aplicación con su cuenta de *Dropbox*.

En esta pantalla que se muestra en la figura 6, aparece sólo texto informativo sobre la necesidad de enlazar una cuenta de *Dropbox* con la aplicación y un botón con el icono de *Dropbox*, que redirige al usuario, o bien a la aplicación de *Dropbox* si esta está instalada en el dispositivo, o bien a la web de *Dropbox* que se abrirá el navegador por defecto. El usuario a continuación deberá introducir los datos de su acceso a su cuenta y aceptar la vinculación con la aplicación.

Tras este proceso, la aplicación volverá a un primer plano mostrando la pantalla de sincronización de materiales, descrita en el apartado 4.5.1.2. *Pantalla de sincronización de archivos*.

En esta pantalla se podrá pulsar el botón “atrás” del dispositivo que hará que el usuario salga de la aplicación.



Figura 5. Wireframe Pantalla de vinculación con Dropbox.



Figura 6. Resultado final Pantalla de vinculación con Dropbox.

#### 4.5.1.2. Pantalla de sincronización de archivos

Esta pantalla que se muestra en la figura 8, tiene el principal objetivo de dar *feedback* al usuario sobre el progreso de la sincronización de archivos que se produce entre el dispositivo y la cuenta de *Dropbox* asociada.

En ella se muestra un mensaje informativo sobre la tarea que esta realizando la aplicación, una barra de progreso, y el porcentaje de la tarea que se ha realizado.

A esta pantalla se puede acceder de tres formas: después de vincular la aplicación con la cuenta de *Dropbox* en el primer acceso a la aplicación, al iniciar la aplicación el resto de las veces, y al pulsar el botón "Sincronizar



Materiales” en la pantalla principal descrita en el apartado 4.5.1.3. *Pantalla principal*.

Una vez la tarea de sincronización a finalizado, automáticamente se pasa a la pantalla principal.

En caso de pulsar el botón “atrás” en esta pantalla, la aplicación se cerrará.

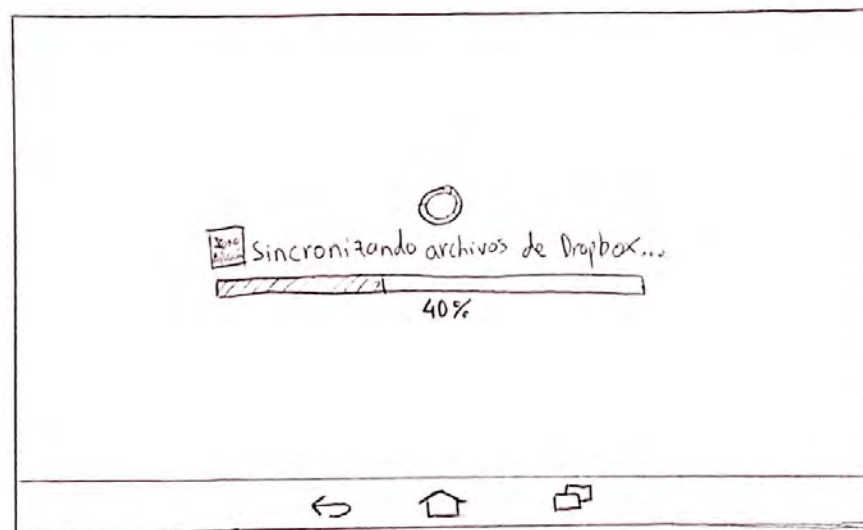


Figura 7. Wireframe Pantalla de sincronización de archivos.



Figura 8. Resultado final Pantalla de sincronización de archivos.



#### 4.5.1.3. Pantalla principal

Esta pantalla mostrada en la figura 10 es la pantalla principal de la aplicación, su finalidad es ser el punto de partida de la toma de decisiones del usuario. Desde ella se puede comenzar el proceso de creación de exposiciones, la tarea de visualizar las exposiciones creadas, y la sincronización de los materiales almacenados en la cuenta de *Dropbox*.

En esta pantalla podemos encontrar en primer lugar el nombre de la aplicación seguido del icono de la aplicación. Además aparecen dos botones del mismo tipo para señalar que preceden al comienzo de alguna tarea que requiere futura toma de decisiones, estos son: “Crear Nueva Exposición” y “Ver Exposiciones”. Por último, encontramos el botón “Sincronizar Materiales”, que se encuentra separado del resto debido a que supone un proceso en si mismo.

Por una parte el botón “Crear Nueva Exposición” da comienzo a la tarea de creación de exposiciones por lo que lleva al usuario a la pantalla selección de nombre de la exposición descrita en el apartado 4.5.1.4. *Pantalla de introducción de nombre de exposición.*

En cambio, el botón “Ver Exposiciones” empieza la tarea de visualización de exposiciones. Este botón solo se muestra en caso de que exista alguna exposición creada con anterioridad. Cuando el usuario pulsa este botón, la aplicación muestra una pantalla que lista el nombre asociado a todas las exposiciones creadas con la aplicación descrita en la sección 4.5.1.10. *Pantalla de listado de exposiciones.*

Por último, el botón “Sincronizar Materiales” inicia el proceso de sincronización de materiales, llevando así a la pantalla descrita en el punto 4.5.1.2 *Pantalla de sincronización de archivos.* Gracias a este botón, el usuario puede sincronizar los nuevos archivos que haya introducido en su cuenta de *Dropbox* después de haber iniciado la aplicación.

En esta pantalla el botón “atrás” sacará al usuario de la aplicación, pero antes mostrará un mensaje *pop-up* de confirmación de la acción que permite al usuario cancelar la tarea, previniendo así acciones indeseadas.

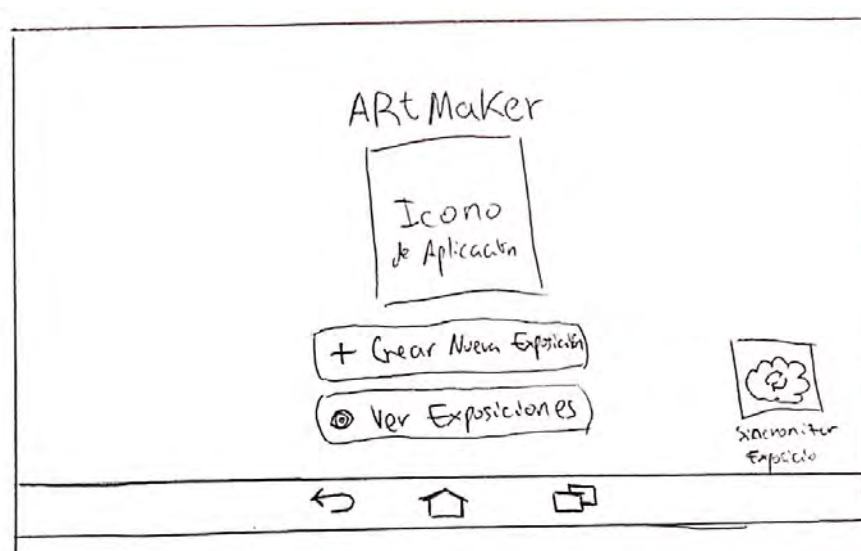


Figura 9. Wireframe Pantalla principal.



Figura 10. Resultado final Pantalla principal.

#### 4.5.1.4. Pantalla de introducción de nombre de exposición

En esta pantalla, mostrada en la figura 12, se le indica al usuario que debe introducir un nombre identificativo a la nueva exposición que va a crear.

Esta compuesta de un texto informativo indicando la acción que debe realizar, un campo de texto donde se introducirá el nombre, y un botón para continuar a la siguiente pantalla.

Al pulsar el botón “Continuar”, se comprobará que el nombre no esté en uso por otra exposición y que no contenga caracteres no válidos, en caso de no

pasar estas comprobaciones se mostrará un *pop-up* indicando al usuario que debe elegir otro nombre. Si el nombre es válido se pasará a la siguiente pantalla de la creación de exposiciones descrita en el apartado 4.5.1.5. *Pantalla de listado de experiencias.*

En esta pantalla, si se pulsa atrás se volverá a la pantalla principal de la aplicación.

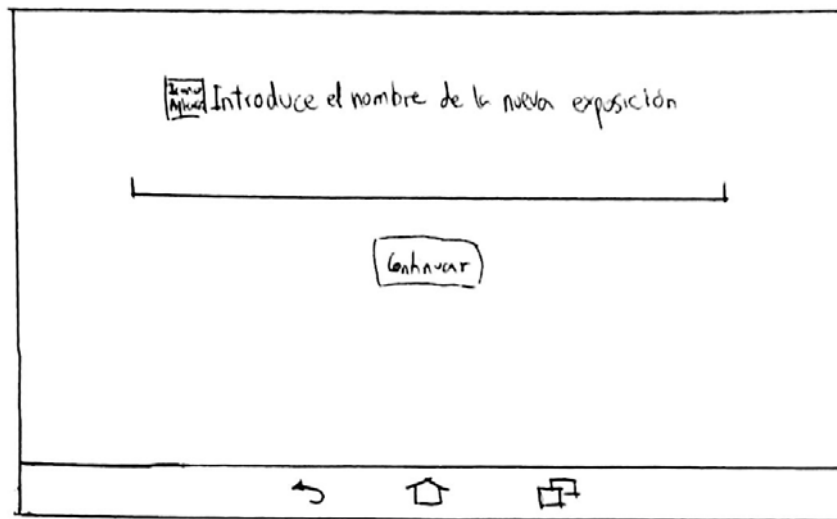


Figura 11. Wireframe Pantalla de introducción de nombre de exposición.

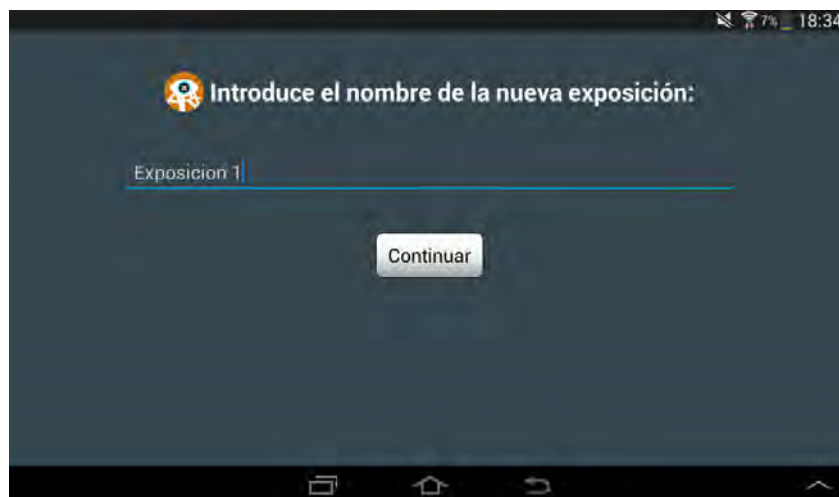


Figura 12. Resultado final Pantalla de introducción de nombre de exposición.

#### 4.5.1.5. Pantalla de listado de experiencias

En la pantalla de la figura 14 se muestra el listado de todas las experiencias introducidas en la exposición, también se incluye la posibilidad de añadir más experiencias y de generar la exposición con las experiencias que incluya la exposición.

Esta pantalla por un lado esta formada por un texto que tiene el nombre de la exposición, seguido de un texto que invita al usuario a añadir nuevas experiencias. A continuación se muestra una tabla que contiene, en caso de que existan, las imágenes objetivo asociadas a cada experiencia incluidas en la exposición, y en la última lugar de la tabla un botón con el icono “+” para añadir una nueva experiencia, el cual, al ser pulsado, lleva al usuario a la pantalla de selección de fuente de imagen objetivo que se describe en la sección 4.5.1.6. *Pantalla de selección de fuente de imagen objetivo.*

Por último, en caso de que haya experiencias en la exposición aparecerá el botón “Generar Exposición” que, después de confirmar la acción en un *pop-up*, lleva al usuario a la pantalla de carga de la generación de la exposición, que es muy similar a 4.5.1.2. *Pantalla de sincronización de archivos*, y al terminar el proceso, se muestra 4.5.1.3. *Pantalla principal.*

En caso de pulsar el botón “atrás” en esta pantalla, se mostrará un *pop-up* que advertirá al usuario de la acción que va a realizar, permitiéndole cancelarla o continuar, en caso de aceptar la acción, se mostrará de nuevo la pantalla de introducción de nombre ya descrita en el apartado 4.5.1.4. *Pantalla de introducción de nombre.*

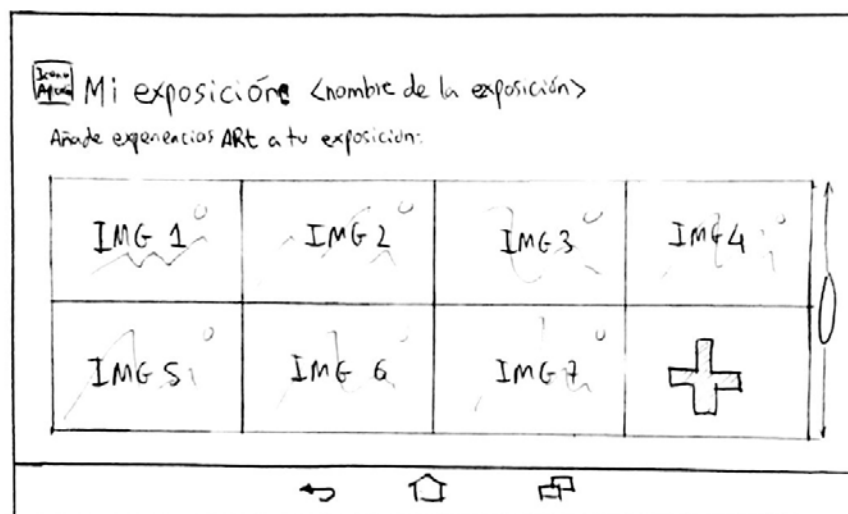


Figura 13. Wireframe Pantalla de listado de experiencias.



Figura 14. Resultado final Pantalla de listado de experiencias.

#### 4.5.1.6. Pantalla de selección de fuente de imagen objetivo

El objetivo de la pantalla de la figura 16 es dar al usuario la opción de elegir la fuente de la que proviene la imagen objetivo asociada a esa experiencia.

El usuario puede escoger entre elegir la imagen objetivo de la galería en la que se encuentran las imágenes introducidas en la carpeta de imágenes objetivos de su cuenta de Dropbox, o capturar la imagen objetivo mediante la cámara del dispositivo.

La pantalla esta compuesta por un texto descriptivo de la acción a realizar en ella, y dos botones. El primero de ellos, “Galería de Imágenes”, al ser pulsado lleva al usuario a la pantalla de selección de imagen objetivo descrita en el apartado 4.5.1.7. *Pantalla de selección de imagen objetivo*. El segundo botón, “Tomar Fotografía”, lleva a la pantalla de captura de fotografías comentada en el punto 4.5.1.8. *Pantalla de captura de fotografía*.

Al pulsar el botón “atrás” en esta pantalla, se volverá a la pantalla del listado de experiencias descrita en el apartado 4.5.1.5. *Pantalla de listado de experiencias*.

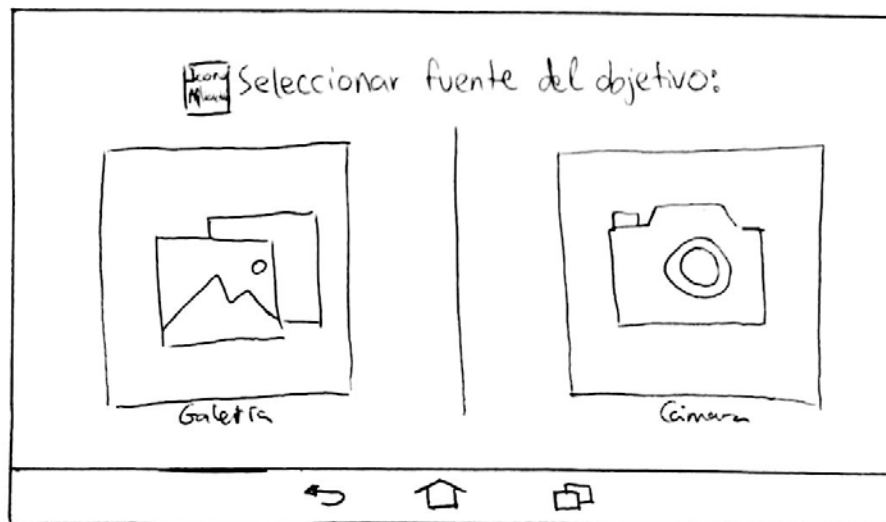


Figura 15. Wireframe Pantalla de selección de fuente objetivo.



Figura 16. Resultado final Pantalla de selección de fuente objetivo.

#### 4.5.1.7. Pantalla de selección de imagen objetivo

Esta pantalla, que se enseña en la figura 18, permite al usuario elegir una imagen objetivo de entre el conjunto de imágenes que haya introducido en sus materiales de Dropbox en la carpeta de “Imágenes Objetivo”.

Esta compuesta principalmente por un texto descriptivo de la acción, y un listado de la vista previa de las imágenes objetivo disponibles.

Al seleccionar una de las imágenes, se mostrará la pantalla de creación de experiencias que se describe en el apartado 4.5.1.9. *Pantalla de creación de experiencias*.

Si el usuario pulsa el botón “atrás” en esta pantalla, volverá a la pantalla descrita en 4.5.1.6 *Pantalla de selección de fuente de imagen objetivo*.

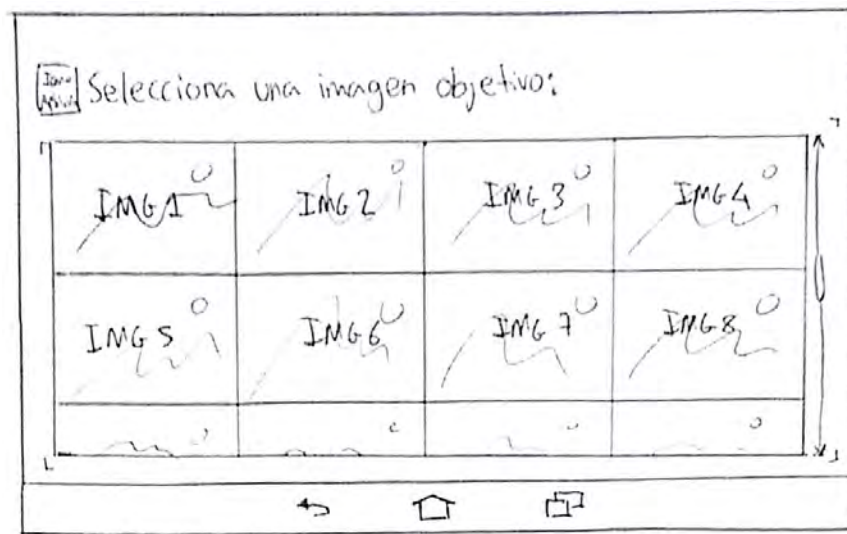


Figura 17. Wireframe Pantalla de selección de imagen objetivo.

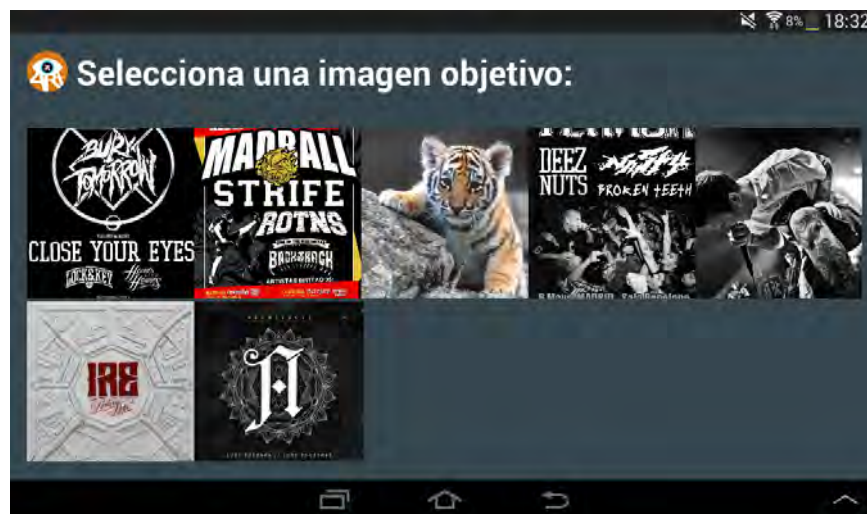


Figura 18. Resultado final Pantalla de selección de fuente objetivo.

#### 4.5.1.8. Pantalla de captura de imagen objetivo

En esta pantalla, figura 20, se muestra la pantalla de la cámara por defecto del dispositivo en el que se esté ejecutando la aplicación.

Al tomar una fotografía y aceptar el resultado de la captura, se mostrará la pantalla de creación de experiencias que se describe en el apartado 4.5.1.9. *Pantalla de creación de experiencias*.



Si el usuario pulsa el botón “atrás” en esta pantalla, volverá a la pantalla descrita en 4.5.1.6 *Pantalla de selección de fuente de imagen objetivo*.

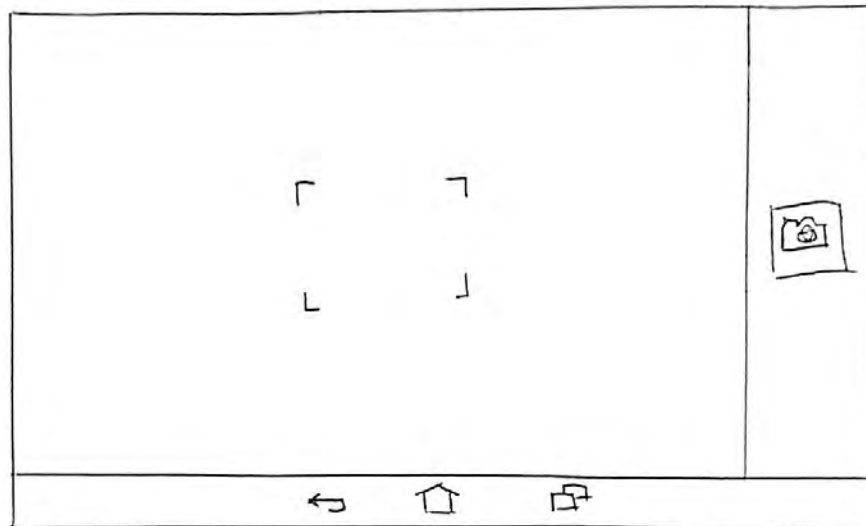


Figura 19. Wireframe Pantalla de captura de cámara.

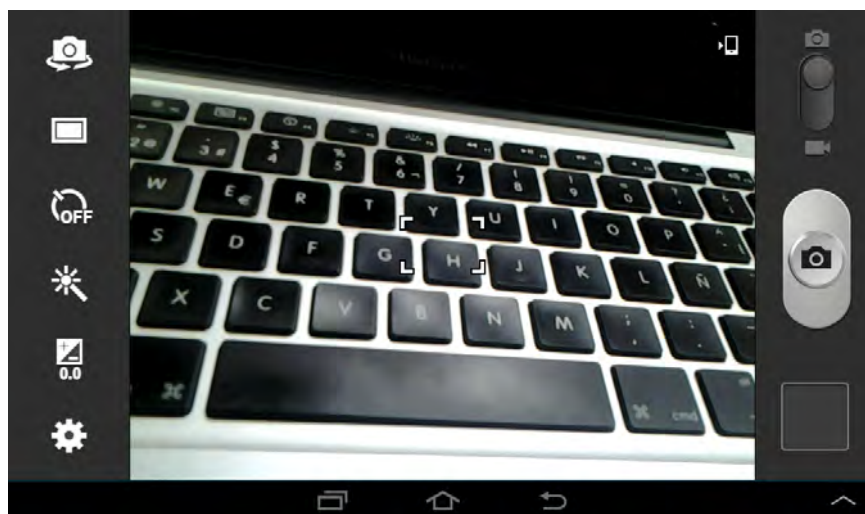


Figura 20. Resultado final Pantalla de captura de cámara.

#### 4.5.1.9. Pantalla de creación de experiencias

Esta pantalla, figura 22, es la más compleja de toda la aplicación. Permite al usuario crear las experiencias de realidad aumentada asociadas a cada exposición.

Con la finalidad de exprimir al máximo el espacio de la pantalla en modo apaisado, la pantalla se divide en dos partes claramente diferenciadas.



La parte de la izquierda de la pantalla cuenta con un menú, mientras que en la parte de la derecha de la pantalla se muestra un lienzo.

En esta pantalla el menú y el lienzo están estrechamente relacionados, y los cambios realizados en el menú se ven representados en el lienzo. Las acciones que permiten cada uno de ellos aparecen descritas en los apartados 4.5.1.9.1. *Menú principal* y 4.5.1.9. *Lienzo*.

Para finalizar y guardar experiencia creada, el usuario pulsa el botón “Guardar”, el cual después de mostrar un *pop-up* de confirmación, almacenará la experiencia y pasará a mostrar la pantalla del listado de experiencias de la exposición descrita en el punto 4.5.1.5. *Pantalla de listado de experiencias*.

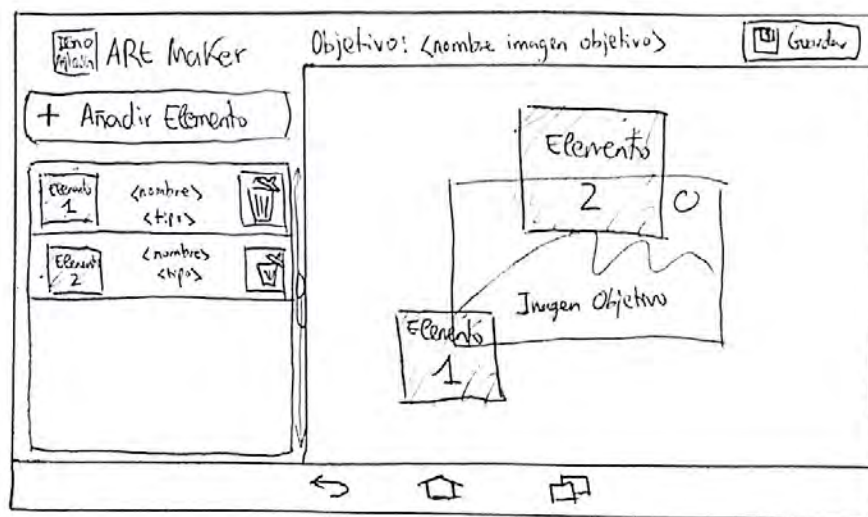


Figura 21. Wireframe Pantalla de creación de experiencias.

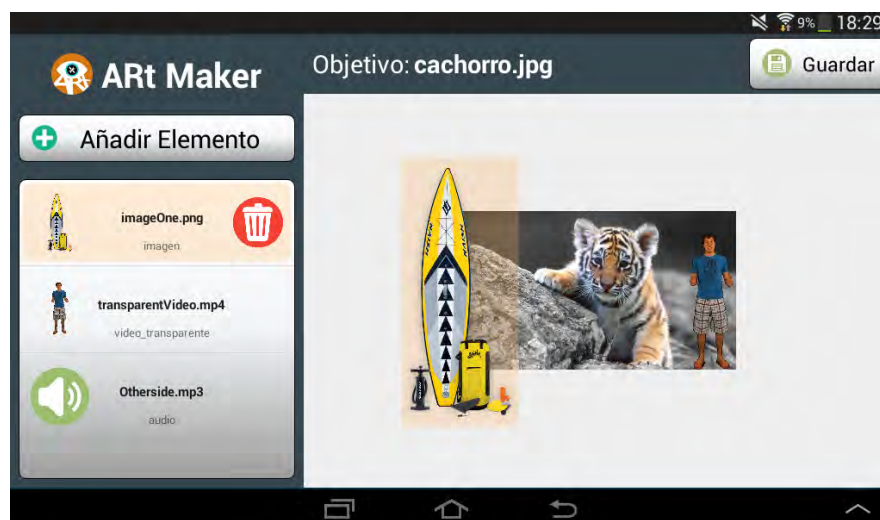


Figura 22. Resultado final Pantalla de creación de experiencias.

#### 4.5.1.9.1. Menú principal

Este es el primer menú, figura 23, que aparece al mostrar la pantalla de creación de experiencias.

En él, primero se muestra el nombre de la aplicación, seguido del botón “Añadir Elemento”, que permite añadir elementos virtuales a la experiencia, y finalmente, en caso de que haya algún elemento agregado, se muestra el listado de todos los elementos virtuales añadidos. Cada una de las filas de listado contienen una imagen representativa del elemento, el nombre del archivo al que hace referencia, y el tipo de elemento.

Cuando un usuario pulsa el botón “Añadir Elemento”, el aspecto del menú cambia por el descrito en 4.5.1.9.2. *Menú de selección de tipo de elemento*, que permite la selección de tipo de elemento virtual.

Al pulsar sobre un elemento del listado de elementos virtuales, este aparece destacado con un tono anaranjado (indicando que ha sido seleccionado) y se muestra una papelera a su derecha, que al ser pulsada elimina el elemento virtual de la experiencia.

Al pulsar el botón “atrás” estando en este menú, después de confirmar un mensaje de advertencia en un *pop-up*, se vuelve a mostrar a la pantalla de selección de fuente de objetivo descrita en el punto 4.5.1.6. *Selección de fuente de imagen objetivo*.

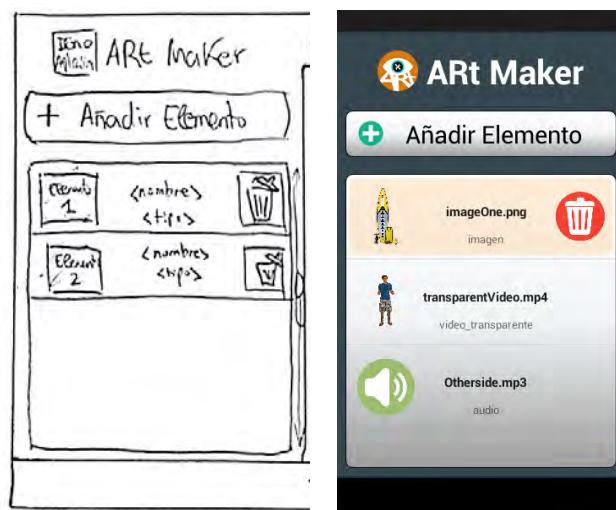


Figura 23. Wireframe y resultado final Menú principal.

#### 4.5.1.9.2. Menú de selección de tipo de elemento

Este menú, figura 24, es el que aparece al pulsar el botón “Añadir Elemento” del menú principal descrito en el punto 4.5.1.9.2. *Menú principal*.

En él aparece un texto descriptivo de la acción a realizar, y una lista de botones, cada uno con el nombre de un tipo de elemento (Imagen, Video, Video Transparente y Audio).

Al pulsar sobre cualquiera de los botones de la lista se muestra el menú de selección de elemento descrito en el apartado 4.5.1.9.3. *Menú de selección de elemento*.

Si se pulsa el botón “atrás ” estando en este menú, se volverá al menú principal.



Figura 24. Wireframe y resultado final Menú de selección de tipo elemento.

#### 4.5.1.9.3. Menú de selección de elemento

Este menú, figura 25, aparece al pulsar cualquiera de los botones de selección de tipo del menú descrito en el punto 4.5.1.9.2. *Menú de selección de tipo de elemento*.

En este menú aparece un texto descriptivo de la acción a realizar, indicando siempre el tipo de elemento que se ha seleccionado en el menú anterior. A continuación muestra un listado de todos los elementos virtuales del tipo elegido de entre los incluidos en los materiales que hay en *Dropbox*.

Cada una de las filas del listado muestra una imagen representativa del elemento, y en nombre del archivo al que hacen referencia. La imagen representativa en el caso de las imágenes, es la misma imagen; para los videos y videos transparentes, se muestra el fotograma de la mitad del video; y para los audios, se muestra un icono con el símbolo de “audio” de cinco colores distintos que aparecen repetidos siguiendo un mismo patrón, estos colores han sido seleccionados siguiendo la teoría de la *Rueda de Itten* [47].

Al pulsar en uno de los elementos, este se añade a la experiencia, se muestra de nuevo el menú principal descrito en el punto 4.5.1.9.1. *Menú principal*, donde aparece el nuevo elemento en el listado destacado en tono anaranjado. El elemento a su vez también aparece en el lienzo descrito en el apartado 4.5.1.9.4. *Lienzo* sobre la imagen objetivo destacado en tono anaranjado.

Si en este menú se pulsa el botón “atrás”, se vuelve a mostrar el menú de selección de tipo de elemento descrito en el apartado 4.5.1.9.2. *Menú de selección de tipo de elemento*.

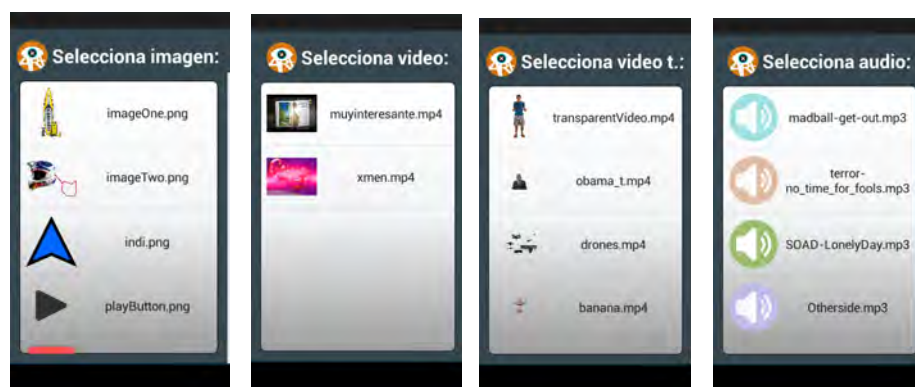
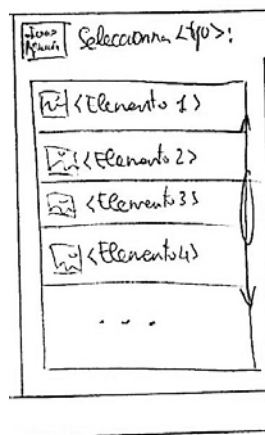


Figura 25. Wireframe y resultados finales Menú de selección elemento.

#### 4.5.1.9.4. Lienzo

Se encuentra en todo momento en la parte derecha de la pantalla de creación de experiencias.

En él, figura 27, se muestra el nombre de la imagen objetivo sobre la que se está realizando la experiencia y a la derecha de este, se muestra un botón “Guardar”, que aparece solo en caso de que haya algún elemento virtual añadido a la experiencia. Por último se muestra el lienzo, un rectángulo grande de fondo blanco con la imagen objetivo en el centro.

Cuando un elemento es añadido a la experiencia, este, si no es un audio, aparece en el lienzo sobre la imagen objetivo destacado con tono anaranjado.

Si un elemento del listado del menú principal descrito en el apartado 4.5.1.9.1. *Menú principal* ha sido seleccionado, su representación en el lienzo, al igual que en el menú, aparece destacada en tono anaranjado (indicando que se puede editar). Este elemento podrá ser colocado en cualquier posición del lienzo mediante el arrastrado de este (*drag and drop*) o podrá modificarse su tamaño utilizando el gesto de pinzas con dos dedos.

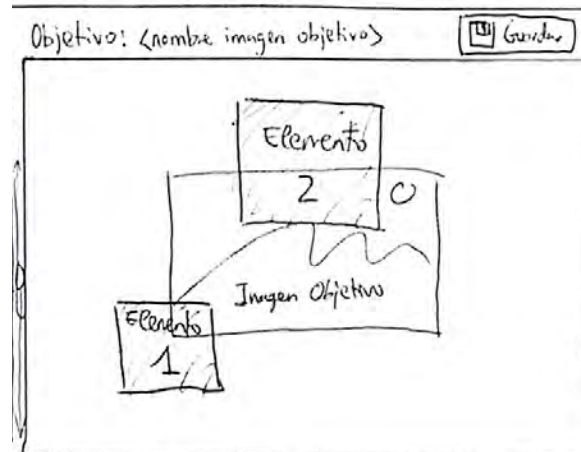


Figura 26. Wireframe Lienzo.



Figura 27. Resultado final Lienzo.

#### 4.5.1.10. Pantalla de listado de exposiciones

En esta pantalla, figura 29, se muestra el listado de las exposiciones creadas anteriormente con la aplicación y que no han sido eliminadas.

En primer lugar aparece un texto que invita al usuario a seleccionar una de las exposiciones, y a continuación aparece el listado de las exposiciones representadas por el nombre identificativo elegido al crear la exposición. Al pulsar en una de las exposiciones se mostrará la pantalla 4.5.1.11. *Pantalla de opciones de la exposición.*

Si se pulsa atrás en esta pantalla, se vuelve a mostrar la pantalla principal descrita en el apartado 4.5.1.3. *Pantalla principal.*

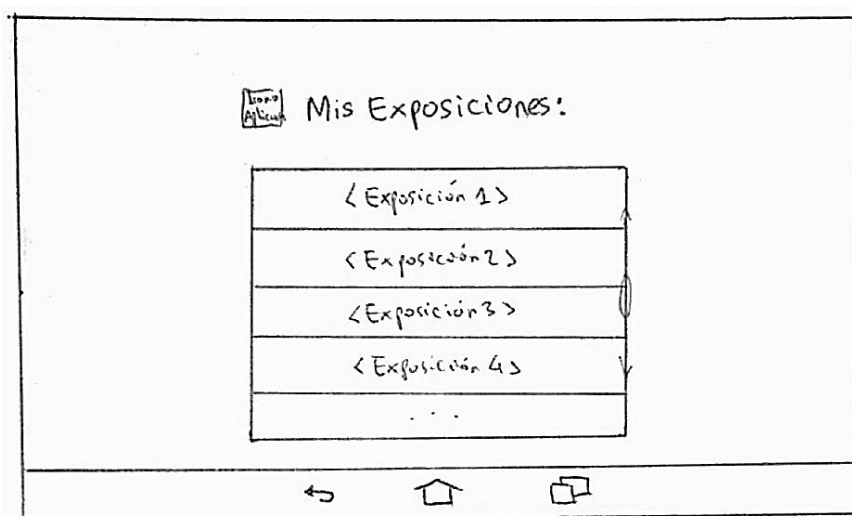


Figura 28. Wireframe Pantalla de listado de exposiciones.



Figura 29. Resultado final Pantalla de listado de exposiciones.

#### 4.5.1.11. Pantalla de opciones de la exposición

En esta pantalla, figura 31, se muestran las opciones disponibles para la exposición seleccionada en la pantalla de listado de exposiciones descrita en el punto 4.5.1.10. *Pantalla de listado de exposiciones*.

En primer lugar aparece el nombre de la exposición, y a continuación dos botones con un texto descriptivo debajo que representan las acciones a realizar, ver o eliminar.

Al pulsar el botón “Ver” se muestra la pantalla de visionado de la exposición elegida descrita en el apartado 4.5.1.12. *Pantalla visor de exposición*.

Si el usuario pulsa el botón “Eliminar”, se mostrará un *pop-up* de confirmación, que tras aceptar eliminará la exposición de la aplicación que dejará de ser compartida con ARt Visor, y a continuación se muestra la pantalla del listado de exposiciones descrita en el punto 4.5.1.10. *Pantalla de listado de exposiciones*.

Al pulsar “atrás” en esta pantalla se vuelve a la pantalla del listado de exposiciones.



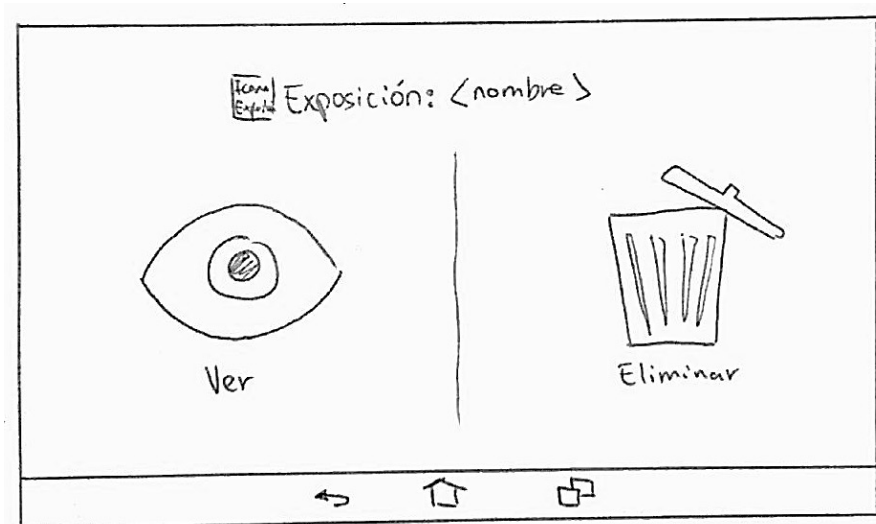


Figura 30. Wireframe Pantalla de opciones de la exposición.



Figura 31. Resultado final Pantalla de opciones de la exposición.

#### 4.5.1.12. Pantalla de visualización de exposiciones

Esta pantalla, figura 33, muestra el resultado final de la exposición de realidad aumentada elegida.

En ella tan sólo se muestra la imagen que se ve a través de la cámara del dispositivo.

El usuario sólo debe apuntar con la cámara a las imágenes objetivo de la exposición para ver los elementos virtuales asociados superpuestos sobre las estas.



Al pulsar el botón “atrás” se muestra de nuevo la pantalla 4.5.1.11. *Pantalla de opciones de la exposición.*

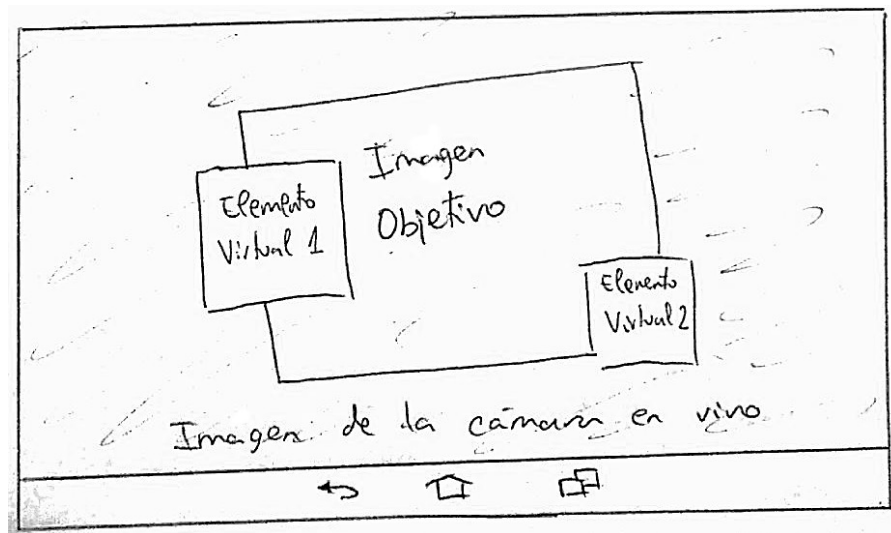


Figura 32. Wireframe Pantalla de visualización de exposiciones.

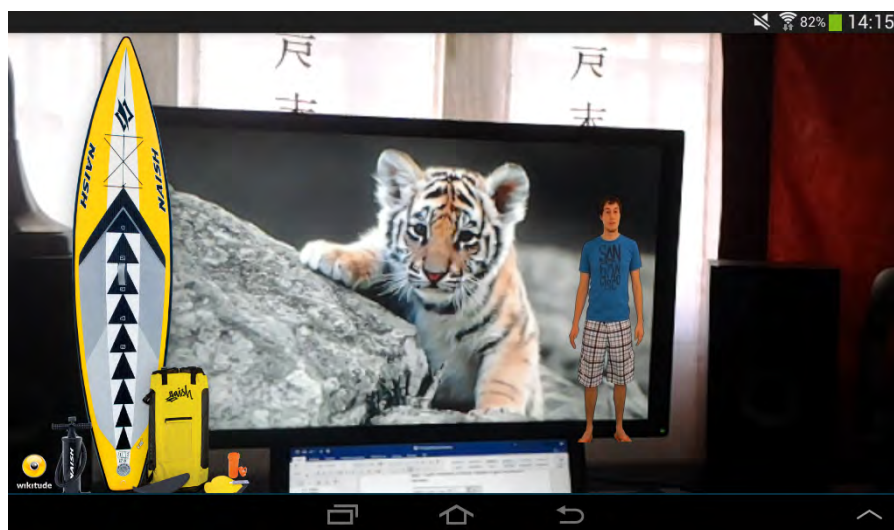


Figura 33. Resultado final Pantalla de visualización de exposiciones.

#### 4.5.2. ARt Visor

A continuación se presenta el diseño de la interfaz de la aplicación ARt Visor.

##### 4.5.2.1. Pantalla de vinculación con Dropbox

La primera vez que se accede a la aplicación se pide al usuario que enlace la aplicación con su cuenta de *Dropbox*.

En esta pantalla que se muestra en la figura 34, aparece sólo texto informativo sobre la necesidad de enlazar una cuenta de *Dropbox* con la aplicación y un botón con el icono de *Dropbox*, que redirige al usuario, o bien a la aplicación de *Dropbox* si esta está instalada en el dispositivo, o bien a la web de *Dropbox* que se abrirá el navegador por defecto. El usuario a continuación deberá introducir los datos de su acceso a su cuenta y aceptar la vinculación con la aplicación.

Tras este proceso, la aplicación volverá a un primer plano mostrando la pantalla de sincronización de materiales, descrita en el apartado 4.5.2.2. *Pantalla de sincronización de archivos*.

En esta pantalla se podrá pulsar el botón “atrás” del dispositivo que hará que el usuario salga de la aplicación.



Figura 34. Wireframe y resultado final Pantalla de vinculación con Dropbox.

#### 4.5.2.2. Pantalla de sincronización de archivos

Esta pantalla que se muestra en la figura 35, tiene el principal objetivo de dar *feedback* al usuario sobre el progreso de la sincronización de archivos que se produce entre el dispositivo y la cuenta de *Dropbox* asociada.

En ella se muestra un mensaje informativo sobre la tarea que esta realizando la aplicación, una barra de progreso, y el porcentaje de la tarea que se ha realizado.

A esta pantalla se puede acceder de tres formas: después de vincular la aplicación con la cuenta de *Dropbox* en el primer acceso a la aplicación, al iniciar la aplicación el resto de las veces, y al pulsar el botón “Sincronizar Materiales” en la pantalla principal descrita en el apartado 4.5.2.3. *Pantalla principal*.

Una vez la tarea de sincronización a finalizado, automáticamente se pasa a la pantalla principal.

En caso de pulsar el botón “atrás” en esta pantalla, la aplicación se cerrará.

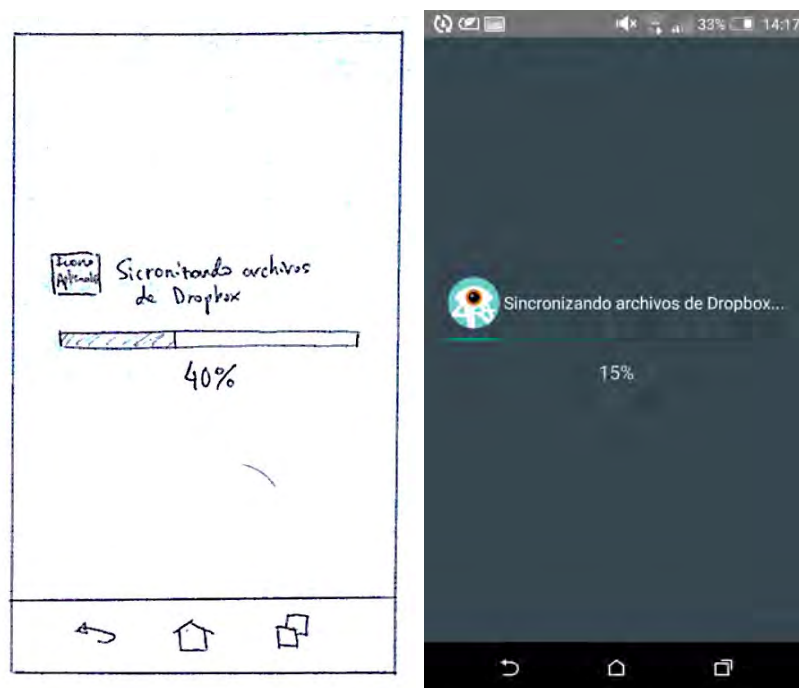


Figura 35. Wireframe y resultado final Pantalla de sincronización de archivos.

#### 4.5.2.3. Pantalla principal

Esta pantalla mostrada en la figura 36 es la pantalla principal de la aplicación.

En esta pantalla podemos encontrar en primer lugar el nombre de la aplicación seguido del icono de la aplicación. A continuación aparece el botón “Ver Exposiciones”, y por último, encontramos el botón “Sincronizar Exposiciones”, que se encuentra separado del resto debido a que supone un proceso en si mismo.

Al pulsar el botón “Ver Exposiciones” empieza la tarea de visualización de exposiciones. Este botón solo se muestra en caso de que exista alguna exposición en la aplicación. Cuando el usuario pulsa este botón, la aplicación muestra una pantalla que lista de las exposiciones creadas con la aplicación ARt Maker descrita en la sección 4.5.2.4. *Pantalla de listado de exposiciones.*

Por último, el botón “Sincronizar Exposiciones” inicia el proceso de sincronización de las exposiciones creadas con ARt Maker, llevando así a la pantalla descrita en el punto 4.5.2.2 *Pantalla de sincronización de archivos.* Gracias a este botón, el usuario puede sincronizar las nuevas exposiciones que haya creado después de haber iniciado la aplicación.

En esta pantalla el botón “atrás” sacará al usuario de la aplicación, pero antes mostrará un mensaje *pop-up* de confirmación de la acción que permite al usuario cancelar la tarea, previniendo así acciones indeseadas.

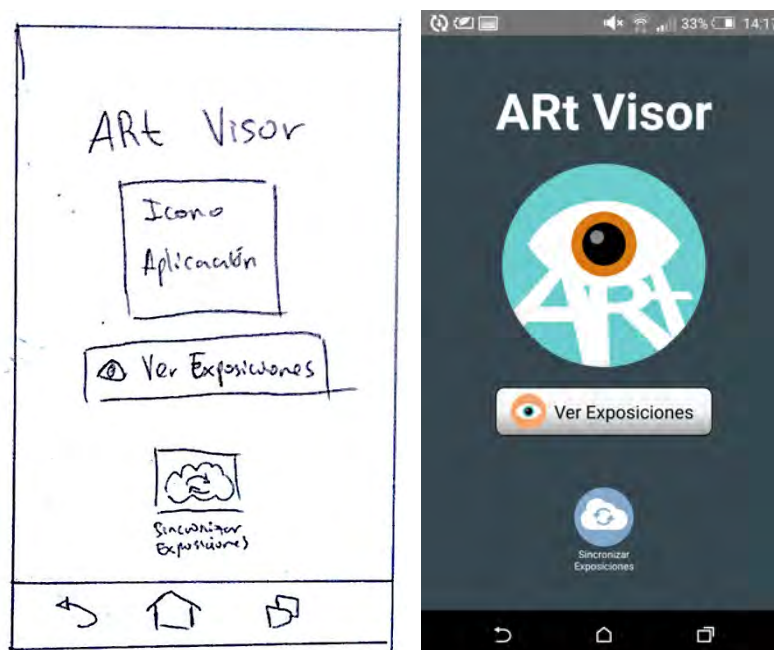


Figura 36. Wireframe y resultado final Pantalla principal.

#### 4.5.2.4. Pantalla de listado de exposiciones

En esta pantalla, figura 37, se muestra el listado de las exposiciones creadas con la aplicación Art Maker y que no han sido eliminadas.

En primer lugar aparece un texto que invita al usuario a seleccionar una de las exposiciones, y a continuación aparece el listado de las exposiciones representadas por el nombre identificativo elegido al crear la exposición. Al pulsar en una de las exposiciones se mostrará la pantalla 4.5.2.5. *Pantalla visor de exposición.*

Si se pulsa atrás en esta pantalla, se vuelve a mostrar la pantalla principal descrita en el apartado 4.5.2.3. *Pantalla principal.*

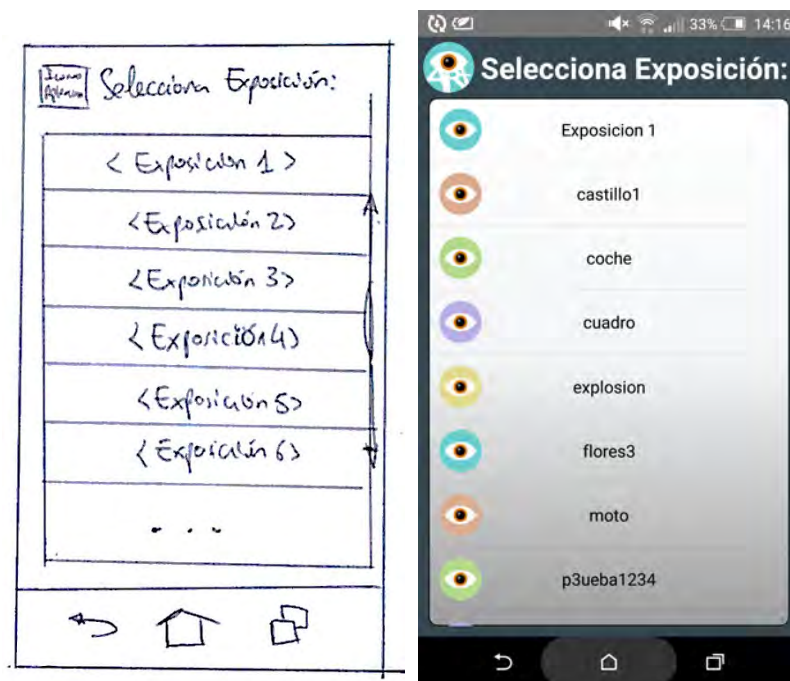


Figura 37. Wireframe y resultado final Pantalla listado de exposiciones.

#### 4.5.2.5. Pantalla de visualización de exposiciones

Esta pantalla, figura 38, muestra el resultado final de la exposición de realidad aumentada elegida.

En ella tan sólo se muestra la imagen que se ve a través de la cámara del dispositivo.

El usuario sólo debe apuntar con la cámara a las imágenes objetivo de la exposición para ver los elementos virtuales asociados superpuestos sobre las estas.

Al pulsar el botón “atrás” se muestra de nuevo la pantalla 4.5.2.4. *Pantalla de listado de exposiciones.*

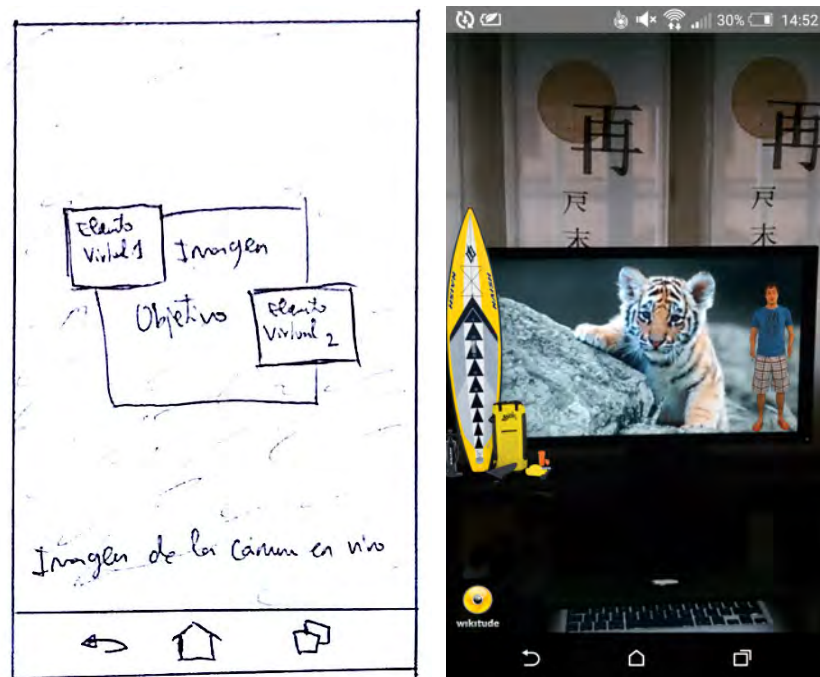


Figura 38. Wireframe y resultado final Pantalla de visualización de exposiciones.



## 4.6. Detalles de implementación y desarrollo

En los siguientes apartados se describe como utilizando las tecnologías presentadas en el punto 4.2. *Tecnología* se ha estructurado la arquitectura del sistema de aplicaciones ART, que previamente ha sido definida en los requisitos recogidos en el apartado 3.3. *Análisis de requisitos* y como se han implementado.

### 4.6.1. Arquitectura del sistema

El sistema ART compuesto por las aplicaciones ART Maker y ART Visor que ha sido desarrollado, hace uso de las distintas tecnologías presentadas en el apartado 4.2. *Tecnología*, y siguen una arquitectura cliente-servidor por partida triple:

#### 4.6.1.1. Aplicaciones del sistema ART y Dropbox

La primera interacción cliente-servidor se presenta en la necesidad de tener un método de compartición de ficheros. En este caso, se realiza mediante el servicio de almacenamiento de ficheros en la nube *Dropbox*, elegido en el apartado 4.2.1.4. *Traspaso y sincronización de archivos*.

- Las aplicaciones móviles ART Maker y ART Visor, toman el rol de **cliente**, y envían solicitudes a *Dropbox* (servidor) a través de su *API* (*Dropbox Sync API*). Al rol de cliente también hay que sumar las aplicaciones web, móvil y de escritorio que proporciona *Dropbox* a sus usuarios para la administración y sincronización de archivos.
- El **servidor** esta formado en este caso por el servicio de almacenamiento de ficheros en la nube *Dropbox*, el cual recibe solicitudes de los clientes a través de su *API*, y realiza las acciones necesarias para realizarlas.

Las principales peticiones realizadas por los clientes se presentan a continuación:

- **Aplicaciones web, móvil y de escritorio de Dropbox:** Creación de carpetas, subida de archivos materiales y eliminación de estos.

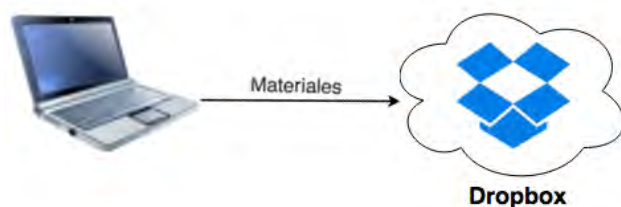


Figura 39. Sistema ART y Dropbox. Diagrama de peticiones aplicaciones de Dropbox.

- **ARt Maker:** Descarga de ficheros materiales, creación de carpetas y subida de archivos necesarios para las exposiciones, y eliminado de carpetas y contenido de las exposiciones.

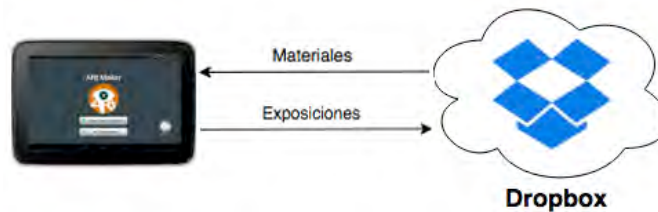


Figura 40. Sistema ART y Dropbox. Diagrama de peticiones ARt Maker.

- **ARt Visor:** Descarga de archivos de las exposiciones.

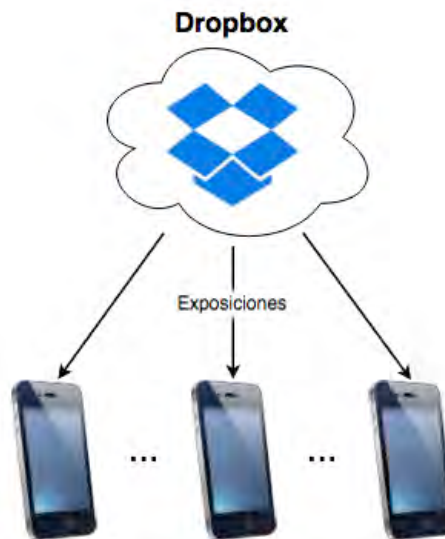


Figura 41. Sistema ART y Dropbox. Diagrama de peticiones ARt Visor.

#### 4.6.1.2. ARt Maker y Wikitude Target

La siguiente interacción cliente-servidor aparece en la generación de los llamados ficheros *Wikitude Target Collection* (.wtc). Estos archivos son usados para la creación de experiencias de realidad aumentada mediante *Wikitude*, tecnología elegida en el apartado 4.2.1.3. *Framework de Realidad Aumentada*, y contienen la información necesaria para el reconocimiento de las imágenes objetivo.

- La aplicación ARt Maker toma el rol de **cliente** durante la generación de exposiciones, ya que dadas una serie de imágenes objetivo seleccionadas en el proceso de creación de exposiciones, se debe obtener el *Wikitude Target Collection* asociado a ellas. Para ello la



aplicación ART Maker envía al servicio *Wikitude Target* un objeto *JSON* con las direcciones *URL* donde se encuentran las imágenes usando el *Target API* de *Wikitude*, y obtiene como respuesta el fichero generado.

- El rol de **servidor** en este caso lo tiene el el servicio *Wikitude Target* que recibe la solicitud del **cliente** y, genera y envía el fichero requerido.

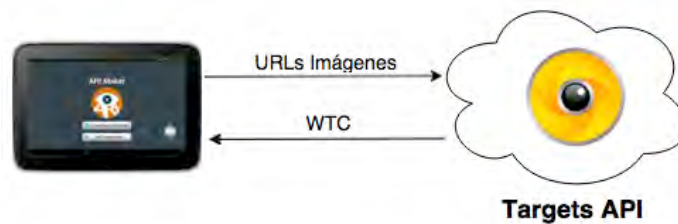


Figura 42. ART Maker y Target API. Diagrama de peticiones.

#### 4.6.1.3. ART Maker y servidor FTP

La tercera y última interacción cliente-servidor, se produce como consecuencia de la anterior, 4.6.1.2. *Art Maker* y *Wikitude Target*. Esto es debido a que el servicio *Wikitude Target* requiere de la dirección *URL* de las imágenes para las que generar el fichero *Wikitude Target Collection*. Las imágenes contenidas en el dispositivo no pueden accederse libremente desde internet a través de una dirección *URL*, de modo que estas deben subirse a un servidor de archivos de internet *FTP* que proporcione una *URL* de las imágenes.

- El rol de **cliente** en este caso lo tiene la aplicación ART Maker durante el proceso de generación de exposiciones antes de la petición al servicio *Wikitude Target*. La aplicación mediante el *API* de *FTP* solicita al servidor almacenar un fichero (imagen) en una carpeta determinada del servidor de ficheros.
- El rol de **servidor** lo tiene el servidor de ficheros *FTP*, que realiza la acción solicitada por el cliente y le responde con un mensaje de resultado (OK o Fallo).

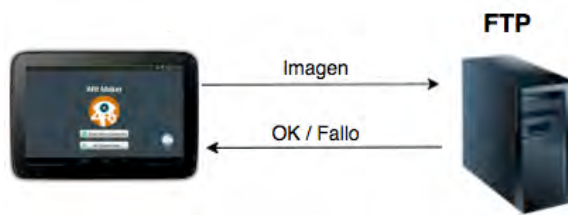


Figura 43. ART Maker y FTP. Diagrama de peticiones.

#### 4.6.2. Implementación de la interfaz móvil

La implementación de la interfaz de las pantallas de las dos aplicaciones que forman parte del sistema ART se ha realizado siguiendo el estándar de *Android*.

Cada pantalla de las mostradas en el apartado 4.5. *Diseño de la interfaz móvil*, tiene asociado un código de ejecución (en lenguaje Java), desde el que se añade la funcionalidad de esa pantalla, y se hace una llamada al fichero *XML* que contiene la definición de su interfaz.

Estas interfaces se han desarrollado usando el *plugin* contenido en el entorno de desarrollo *Android Studio* que facilita la creación de interfaces de forma visual.

De esta forma se ha conseguido una interfaz atractiva, y muy similar a la diseñada en los primeros bocetos (*wireframes*), cuyo resultado también se puede observar en el apartado 4.5. *Diseño de la interfaz móvil*.

#### 4.6.3. Proceso de generación de exposiciones

Una de las tarea más importantes y complicadas del sistema ART es el proceso de generación de exposiciones de realidad aumentada.

Esta operación da lugar una vez que el usuario termina el flujo de ejecución necesario para la creación de una exposición con la aplicación ART Maker, el cual se comenta en el apartado 4.3.1. *ART Maker*.

Básicamente una exposición de realidad aumentada basada en el *framework* de *Wikitude*, consiste en el conjunto de archivos formado por una página *HTML*, un fichero *JavaScript* que contiene todo el bruto de la experiencia de realidad aumentada, una carpeta con los ficheros de los elementos virtuales a mostrar en la exposición, y finalmente el fichero *Wikitude Target Collection* de las imágenes objetivo.

El objetivo de la generación de exposiciones es crear todos los elementos anteriores a medida de la composición de cada exposición.

Para entender la generación de las exposiciones primero es necesario conocer a grandes rasgos como esta estructurada la información a nivel de lógica e implementación:

- Una **exposición** es una lista de experiencias.
- Cada **experiencia** es una estructura de datos que esta formada por: el nombre del archivo de la imagen objetivo, una lista de elementos virtuales, y el ancho y alto de la imagen objetivo.
- Cada **elemento virtual** es una estructura de datos compuesta por: un tipo (imagen, video, video transparente o audio), la posición (x, y) del elemento virtual sobre el lienzo, el factor de escalado, el ancho y alto del elemento, y una imagen representativa del elemento.

La generación de las exposiciones está constituida por cinco tareas principales:

#### 4.6.3.1. Generación de código *JavaScript*

Durante esta tarea se realiza la creación y generación del código *JavaScript*. Para ello se ha tomado como base algunos de los ejemplos funcionales que proporciona *Wikitude* en su documentación.

En primer lugar se genera la cabecera del código, donde se inicializan variables y se indica el nombre y localización del fichero *Wikitude Target Collection* que usará la exposición.

A continuación se toma la exposición a generar, y por cada una de las experiencias se procede a generar el código necesario para introducir cada uno de los elementos virtuales atribuidos a esa experiencia, realizando distintas operaciones para cada tipo de elemento (imágenes, videos, videos transparentes y audios).

En caso de que el elemento virtual sea imagen, video o video transparente, se realiza la transformación de la posición (x, y) del elemento con respecto de la imagen objetivo. Esto se debe a que los valores de estos atributos (x, y) contenidos en la estructura de datos del elemento virtual están recogidos en referencia al lienzo de la interfaz *Android*, que es diferente al sistema de referencia utilizado por *Wikitude*. Para realizar la transformación se han utilizado las siguientes funciones matemáticas:

$$x_{Wikitude} = \frac{x_{Android} - \frac{Ancho_{Lienzo}}{2} + \frac{Ancho_{Elemento}}{2}}{\frac{Altura_{Imagen Objetivo}}{2}}$$

Ecuación 1. Transformación de posición X.

$$y_{Wikitude} = \frac{-y_{Android} + \frac{Altura_{Lienzo}}{2} - \frac{Altura_{Elemento}}{2}}{\frac{Altura_{Imagen Objetivo}}{2}}$$

Ecuación 2. Transformación de posición Y.

Finalmente se añade un fragmento de código que introduce código *HTML* en ejecución que contiene el nombre de la exposición y se inicializa la exposición.

#### 4.6.3.2. Subida de imágenes a servidor *FTP*

Esta tarea consiste simplemente en subir al servidor de ficheros *FTP* las imágenes objetivo de cada experiencia de la exposición.

Para ello se sigue el procedimiento mencionado en el apartado 4.6.1.3. *ARt Maker* y servidor *FTP*.

La dirección *URL* que enlaza con la imagen es <URL del servidor *FTP*>/<carpeta elegida>/<nombre fichero>.

#### 4.6.3.3. Obtención de fichero *Wikitude Target Collection*

Esta operación se realiza justo después de que la subida de imágenes al servidor *FTP* se haya realizado.

Básicamente consiste en la solicitud del fichero de reconocimiento y seguimiento de las imágenes objetivo, *Wikitude Target Collection*, al servicio *Wikitude Target* mediante el *Target API*, tal y como se explica en el apartado 4.6.1.2. *ARt Maker* y *Wikitude Target*.

Para ello se realiza la solicitud enviando un objeto *JSON* con las *URLs* de las imágenes objetivo de las experiencias de la exposición subidas al servidor *FTP*, y el servicio responde con el archivo, el cual es descargado en la aplicación.

#### 4.6.3.4. Creación de carpetas y almacenamiento de archivos

Durante esta tarea se crean las carpetas y se incorporan a ellas los archivos necesarios para el funcionamiento de la exposición.

En primer lugar, dentro de la carpeta destinada a la las exposiciones aplicación ART Maker, se crea una carpeta con el nombre elegido para la exposición.

Dentro de esta se introduce el fichero *HTML* que es igual para todas las exposiciones y el archivo *Wikitude Target Collection* obtenido en la tarea 4.6.2.3. *Obtención del fichero Wikitude Target Collection*.

Dentro de esta carpeta también se crean las carpetas *js*, *img* y *css*.

En la carpeta *js* se introduce el fichero *JavaScript* generado tras la tarea 4.6.2.1. *Generación de código JavaScript*, en *css* se incluye el archivo *css* que es igual para todas las exposiciones, y finalmente en la carpeta *img* se meten los archivos de todos los elementos virtuales de la exposición (imágenes, videos, videos transparentes y audios).

Una vez finalizado este proceso, la exposición estará disponible para su disfrute en la misma aplicación ART Maker.

#### 4.6.3.5. Subida de la exposición a *Dropbox*

Una vez que se han obtenido los archivos necesarios para la exposición, estos se suben a la carpeta de exposiciones de la cuenta de *Dropbox* vinculada con la aplicación ART Maker.

En esta carpeta de *Dropbox* se introducen todos los ficheros y carpetas, siguiendo la misma estructura enunciada en el apartado 4.6.2.4. *Creación de carpetas y almacenamiento de archivos*.

De esta forma la exposición estará disponible para la descarga desde cualquier dispositivo con la aplicación ART Visor instalada y vinculada a la misma cuenta de *Dropbox*.

En el diagrama de la figura 44 se representa el orden de ejecución de las tareas que tienen dependencia de otras, donde (1) es la tarea 4.6.2.2. *Subida de imágenes a servidor FTP*, (2) corresponde a 4.6.2.3. *Obtención del fichero Wikitude Target Collection*, y (3) es la tarea 4.6.2.5. *Subida de exposición a Dropbox*:

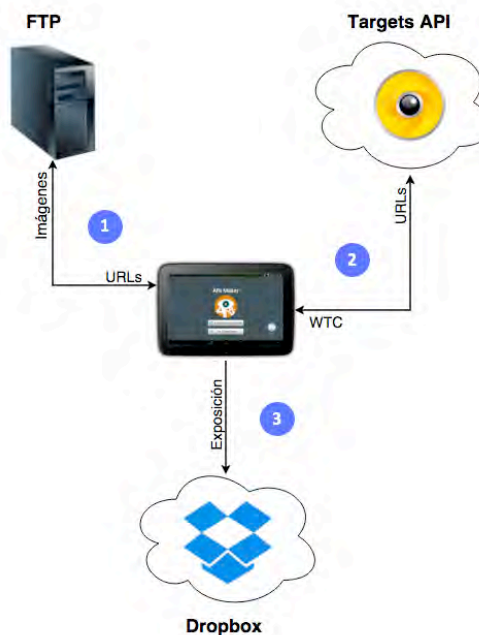


Figura 44. Generación de exposiciones. Diagrama de orden de ejecución de tareas.

#### 4.6.4. Visor de exposiciones

Uno de los pilares fundamentales de las dos aplicaciones del sistema ART es el visor de las exposiciones de realidad aumentada.

Este visor ha sido implementado utilizando la librería de *Wikitude*, la cual incorpora un elemento de interfaz especial a la aplicación *Android* llamado *ArchitectView* que permite el visionado de experiencias de realidad aumentada.

*ArchitectView* es un tipo especial de visor web que permite ver las páginas web *HTML* de las experiencias de realidad aumentada superpuestas sobre la imagen capturada en tiempo real por la cámara del dispositivo, y a la vez, introduce la capacidad de comunicación entre la aplicación *Android* y el código *JavaScript* asociado a la experiencia.

#### 4.6.5. Librerías utilizadas

Para la implementación de todas las funcionalidades recogidas en este sistema de aplicaciones se ha requerido de la incorporación de algunas librerías de código externas:

- **Wikitude SDK Android (wikitudesdk.jar):** Como ya se ha hablado anteriormente sobre esta tecnología en el apartado 4.2.2. *Wikitude*, y de su implementación de forma algo más detallada en el apartado 4.6.4. *Visor de exposiciones*. Se ha implementado la librería de la versión 4.1. de este *SDK* para *Android*, el cual es el motor de realidad aumentada del

sistema. Su implementación se ha realizado con el apoyo de la documentación incluida en la web oficial de *Wikitude* [48].

- **Dropbox Sync API (*Dropbox-sync-sdk-android.jar*):** Mediante esta librería se ha implementado la inclusión del sistema de ficheros en la nube Dropbox con el sistema desarrollado. Sus capacidades y funciones aparecen descritas en el apartado 4.2.3. *Dropbox*, y su uso e implementación se enuncia en el punto 4.6.1.1. *Aplicaciones del sistema ARt y Dropbox*. La implementación de esta tecnología se ha conseguido mediante la lectura y comprensión de la documentación proporcionada en la web oficial para desarrolladores de *Dropbox* [49].
- **Apache Commons Net (*commons-net-3.3.jar*):** Esta librería implementa el lado cliente de algunos protocolos de internet básicos. Ha sido usada para utilizar el protocolo *FTP* de traspaso de ficheros descrito en el apartado 4.6.1.3. *ARt Maker y servidor FTP*. Su implementación se ha realizado mediante el apoyo de algunos hilos encontrados en la web *StackOverflow* [50].

## 5. Evaluación

---

Durante los apartados anteriores se ha definido, diseñado y desarrollado el sistema de aplicaciones prototipo ARt que permite la creación y distribución de experiencias de realidad aumentada.

A lo largo de este capítulo se realiza una evaluación de la interfaz de las aplicaciones del sistema, siempre dentro del marco de la *Human Computer Interaction*.

Para este proyecto, se ha optado por utilizar un sistema de evaluación basado en la consulta de expertos a través de *cognitive walkthroughs* [51]. Este tipo de evaluación es una alternativa a la evaluación heurística para predecir problemas de los usuarios sin hacer pruebas con usuarios directamente.

### 5.1. Consulta a expertos: *cognitive walkthroughs*

El caso de la consulta a expertos mediante *cognitive walkthroughs* implica simular, paso a paso, la forma en que los usuarios solventan el problema de realizar una tarea en el marco de la *Human Computer Interaction*, comprobando si las metas y la memoria del usuario necesarias para actuar pueden ser asumidas para llegar a la siguiente acción correcta.

Los pasos para realizar esta evaluación son:

1. Identificar y documentar los usuarios típicos del sistema, desarrollar las tareas de la aplicación enfocadas en los aspectos de diseño a evaluar.
2. Reunir, al menos, un diseñador y uno o mas expertos para realizar el análisis.
3. Los evaluadores realizan paso a paso las secuencias necesarias para cada tarea sin el contexto de un escenario típico, y deben intentar responder a las siguientes preguntas:
  - a. ¿Será la siguiente acción correcta suficientemente evidente para el usuario? (¿Sabrá el usuario lo que tiene que hacer para lograr la tarea?).
  - b. ¿El usuario sabrá que la acción correcta esta disponible? (¿El usuario puede ver el botón o elemento del menú que suele usar para la siguiente acción? ¿Aparecen cuando se necesitan?).
  - c. ¿El usuario asociará e interpretará la respuesta de la acción de forma correcta? (¿El usuario sabrá por el *feedback* que ha optado por una acción correcta o incorrecta?).

En otras palabras, ¿El usuario sabrá que tiene que hacer, ve como tiene que hacerlo, y entiende por el *feedback* cuando la acción es correcta o no?

4. Una vez completado el proceso, se recopila información crítica en la que aparece:
  - a. Los supuestos que pueden causar problemas a los usuarios, y por qué.
  - b. Anotaciones sobre los problemas y diseño de cambios a realizar.
  - c. Resumen de los resultados.
5. Revisar el diseño para arreglar los problemas encontrados.

Para el presente proyecto, tan sólo se realiza hasta el paso 4, obviando la posible revisión del diseño en función de los resultados obtenidos, la cual quedaría para trabajos futuros.

Debido a que el prototipo del sistema ARt a evaluar esta compuesto por dos aplicaciones, las tareas a analizar han sido divididas y se muestran a continuación:

#### **ARt Maker**

1. Sincronización de materiales.
2. Creación de exposición.
3. Visualización de exposición.
4. Borrado de exposición.



## **ARt Visor**

1. Sincronización de exposiciones.
2. Visualización de exposición.

Finalmente la evaluación se ha realizado con la colaboración de tres expertos, y a continuación se muestra el resumen de los resultados obtenidos con cada uno de ellos.

### **5.1.1. Experto 1: Álvaro Montero Montes**

El experto número 1 es Álvaro Montero Montes, estudiante de PhD en Informática y miembro del grupo de investigación de sistemas interactivos DEI de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid. Los resultados obtenidos para cada tarea son los siguientes.

#### **5.1.1.1. Experto 1: ARt Maker**

Tras el análisis de la interfaz de todas las tareas, el experto cree que casi todas las tareas analizadas son fáciles de realizar y muy intuitivas. A excepción de la tarea 4. *Borrado de exposición*.

El experto cree que en esta ocasión la opción de borrar se encuentra algo escondida, la cuál se encuentra en la pantalla descrita en el apartado 4.5.1.11. *Pantalla de opciones de exposiciones*. Se propone como solución añadir la opción de borrar directamente desde el listado de exposiciones que se muestra en la pantalla 4.5.1.10. *Pantalla de listado de exposiciones*.

#### **5.1.1.2. Experto 1: ARt Visor**

Después de analizar las tareas, el experto cree que toda la interfaz es clara y fácil de usar, de modo que no necesita ningún cambio.

### **5.1.2. Experto 2: Teresa Onorati**

La experta número 2 es Teresa Onorati, Postdoc en Ciencias de la Computación e Ingeniería, profesora de la asignatura *Interfaces de Usuario* del Grado en Ingeniería Informática, y miembro del grupo de investigación de sistemas interactivos DEI de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid. Los resultados obtenidos para cada tarea son los siguientes.

#### **5.1.2.1. Experto 2: ARt Maker**

Después de realizar el análisis de la interfaz de toda la aplicación, la experta cree que es bastante intuitiva en su totalidad y le ha gustado, pero también ha encontrado algunos problemas.

Los botones de la aplicación presentan distintos formatos, como se puede ver por ejemplo en la pantalla principal mostrada en el apartado 4.5.1.3.

*Pantalla principal*, lo cual puede despistar al usuario. Como solución a esto propone unificar el estilo de todos los botones.

La tarea 2. *Creación de exposición*, cree que es fácil de usar, pero el primer encuentro con la pantalla de creación descrita en el apartado 4.5.1.9. *Pantalla de creación de experiencias*, resulta algo confuso y puede que el usuario no sepa cuáles son los pasos correctos que debe realizar para conseguir la tarea. Como solución a esto, la experta propone realizar un sistema de guiado simple a base de pop-ups que enseñe al usuario a usar la pantalla la primera vez que crea una experiencia.

#### 5.1.2.2. Experto 2: ARt Visor

Tras analizar la interfaz de todas las pantallas de la aplicación, también le ha parecido fácil e intuitiva y ha aportado una posible mejora.

Esta aplicación tan solo posee dos tareas, y al igual que en la aplicación anterior, los botones tienen estilos diferentes. En este caso, la experta recomienda unificar el estilo de los botones de la pantalla principal definida en 4.5.2.3. *Pantalla principal*, donde propone que se elimine el botón de “Ver Exposiciones”, y proporcionar su funcionalidad al logotipo de la aplicación, ya que es la tarea principal y su icono es muy similar al logotipo.

#### 5.1.3. Experto 3: Telmo Zarraonandia

El experto número 3 es Telmo Zarraonandia, Postdoc en Ciencias de la Computación e Ingeniería, y miembro del grupo de investigación de sistemas interactivos DEI de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid.

##### 5.1.3.1. Experto 3: ARt Maker

Tras realizar el análisis de la interfaz de toda la aplicación, el experto opina que la aplicación es bastante intuitiva, según su criterio, tan sólo mejoraría mejoraría la tarea 2. *Creación de exposición*.

Opina que es bastante fácil de realizar la tarea una vez sabes lo que tienes que hacer, pero el primer encuentro con la tarea de creación puede resultar algo confuso y puede que el usuario no sepa cuáles son los pasos correctos que debe realizar para conseguir la tarea. Como solución, el experto propone realizar un sistema que guíe al usuario a la primera vez que abarque esta tarea.

##### 5.1.3.2. Experto 3: ARt Visor

Tras el análisis de la interfaz, el experto cree que es muy fácil e intuitiva, y no cree en la necesidad de añadir mejoras.

## 5.2. Conclusión de la evaluación

Tras los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en los apartados anteriores se ha observado que la mayoría de los expertos encuestados creen que las interfaces de las dos aplicaciones del sistema ARt son bastante claras e intuitivas, pero también han encontrado algunos problemas, y han propuesto algunas soluciones.

En resumen, las tareas analizadas que presentan problemas son:

### **ARt Maker**

#### **2. Creación de exposición**

Tanto el experto 2 como el 3, han coincidido en que esta es fácil de realizar, pero el primer encuentro con ella es algo complicado y podría suponer un problema para los usuarios. Los dos han propuesto introducir un sistema de guiado durante la primera realización de esta tarea.

#### **3. Borrado de exposición**

El experto 1 cree que la función de borrado de exposiciones está algo escondida. Como solución ha propuesto incluir la funcionalidad de borrado en cada elemento del listado de exposiciones.

#### **General**

El experto 2 cree que el uso de botones con distintos estilos podría confundir al usuario. Para solventar este problema ha propuesto unificar el estilo de los botones.

### **ARt Visor**

#### **General**

El experto 2 opina que el uso de botones con distintos estilos podría confundir al usuario. En este caso al existir tan solo dos tareas, ha propuesto unificar el estilo de los botones eliminando el botón de “Ver exposiciones” de la pantalla principal, para otorgar su funcionalidad al logotipo de la aplicación.

## 6. Gestión del proyecto

---

Durante los apartados anteriores se ha diseñado, implementado y evaluado el sistema prototipo ART propuesto.

Durante este capítulo se realiza la gestión de proyecto, que permite realizar una planificación y un seguimiento de las actividades que se llevan a cabo, así como estimar los recursos humanos y materiales que intervienen en el desarrollo.

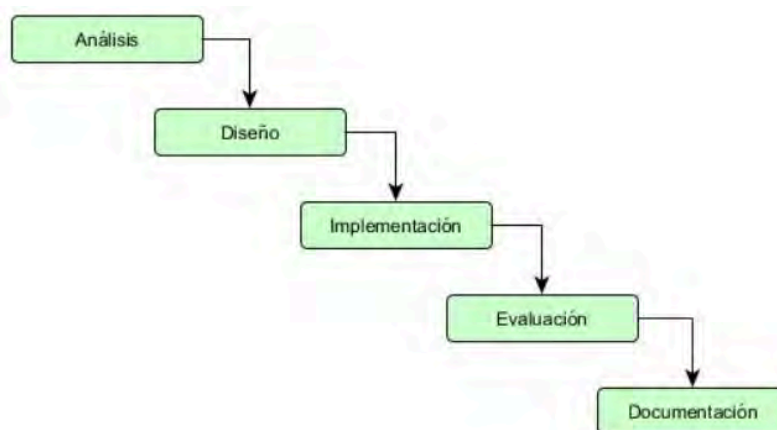
Esto permite llevar un control sobre el estado del proyecto pudiendo detectar problemas y solucionarlos rápidamente para minimizar el impacto sobre el tiempo de desarrollo y los costes.

En este caso en particular, la gestión del proyecto se ha realizado sobre un escenario ficticio, debido a que aunque la totalidad de las fases del proyecto han sido realizadas por la misma persona que escribe este documento, resulta más realista realizar la gestión de un proyecto sobre un equipo de personas con distintos roles y el uso de distintos recursos materiales.

### 6.1. Ciclo de vida del desarrollo de software

En el desarrollo de este proyecto se ha seguido un ciclo de vida en cascada, cuyas tareas se ajustan al proceso seguido durante el mismo.

El ciclo de vida en cascada (figura 45) define las siguientes fases:



*Figura 45. Diagrama de ciclo de vida del software en cascada.*

- **Análisis:** Se estudian las necesidades de los usuarios, el estado del arte y se definen los requisitos que deberá tener el sistema.
- **Diseño:** Se define la arquitectura del sistema y los componentes del mismo, especificando las tareas de cada uno y las relaciones entre ellos.

- **Implementación:** Se desarrolla el sistema a partir de lo definido en las etapas anteriores.
- **Evaluación:** Se realizan pruebas sobre el sistema desarrollado con el fin de obtener un feedback de los usuarios y el cliente.
- **Documentación:** Se documentan cada uno de las fases anteriores para que quede constancia de la realización de todas ellas.

## 6.2. Equipo implicado

El proyecto se realizará a través de un equipo de cuatro trabajadores cualificados que ocupan roles diferentes.

Los roles que se han determinado idóneos para la realización de este proyecto son:

- **Jefe de proyecto:** Persona responsable de las tareas de análisis, el estudio de las tecnologías, y de supervisar la ejecución de la planificación determinada, así como de tomar medidas frente a cambios inesperados.
- **Diseñador gráfico y maquetador:** Persona encargada de diseñar e implementar la interfaz de usuario de forma que sea atractiva, usable y efectiva.
- **Desarrollador Senior:** Su objetivo es la implementación del código necesario para cubrir las funcionalidades más complejas abarcadas por los requisitos del proyecto, así como la realización de las pruebas y evaluación.
- **Desarrollador Junior:** Su tarea principal consiste en servir de apoyo a los Desarrolladores Senior realizando las tareas de menor complicación necesarias para cumplir con los requerimientos del proyecto.

## 6.3. Planificación

El objetivo de la planificación es establecer fechas previstas para la realización de las tareas que componen el desarrollo del sistema.

En primer lugar se deben definir las tareas que son necesarias, establecer las dependencias existentes entre ellas, y estimar la duración de cada una.

ID	Tarea	Dependencias	Duración (días)
<b>A</b>	<b>Análisis</b>	-	<b>15</b>
A-01	Estudio de aplicaciones similares	-	5
A-02	Definición de escenarios	-	3
A-03	Análisis de requisitos	A-01, A-02	7
<b>D</b>	<b>Diseño</b>	<b>A</b>	<b>18</b>
D-01	Estudio de las tecnologías	-	10
D-02	Diseño de la arquitectura	D-01	5
D-03	Diseño de la interfaz de usuario	D-01, D-02	3
<b>I</b>	<b>Implementación</b>	<b>A, D</b>	<b>52</b>
I-01	Interfaz de usuario	-	6
I-02	Funcionalidades de navegación	I-01	5
I-03	Funcionalidad del lienzo	I-01	10
I-04	Listados de ficheros	-	1
I-05	Captura de cámara	-	1
I-06	Comunicación con servidor FTP	-	3
I-07	Integración de Wikitude Target API	-	3
I-08	Generación de exposiciones	I-03	10
I-09	Integración de Dropbox	-	5
I-10	Pantallas de carga	I-06, I-07, I-08, I-09	2
I-11	Integración de visor de Wikitude	-	3
I-12	Implementación del flujo de ejecución	I-01, ... , I-11	1
I-13	Control de errores	I-12	2
<b>E</b>	<b>Evaluación</b>	<b>A, D, I</b>	<b>3</b>
E-01	Realización de pruebas	-	1
E-02	Evaluación	-	2
<b>Total Proyecto (Días)</b>			<b>83</b>

Tabla 61. Tareas del proyecto.

Una vez realizada la diferenciación y estimación de la duración de las tareas, se realiza la asignación de estas a cada uno de los integrantes del equipo:

	Tareas																					
	A			D			I															E
Rol	01	02	03	01	02	03	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	01	02	
Jefe de Proyecto	x	x	x	x	x																	
D. Gráfico y Maquet.						x	x															
Desarrollador Senior									x			x	x	x	x					x	x	
Desarrollador Junior								x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x	

Tabla 62. Asignación de tareas del proyecto.

Con el fin de estimar la duración total del proyecto, se realiza la programación de tareas a través del *diagrama de Gantt* (tabla 63), teniendo en cuenta tanto la duración estimada de las tareas, como la asignación de estas al personal implicado.



Tabla 63. Diagrama de Gantt. Planificación de tareas del proyecto.

Como podemos observar como resultado de la planificación mostrada en el diagrama, la extensión del desarrollo del sistema abarca desde el día 1 de Junio de 2015, hasta el 10 de Septiembre del mismo año, lo que hace un total de 74 jornadas.

## 6.4. Presupuesto

En este apartado se elabora el presupuesto del proyecto, analizando los recursos tanto humanos como materiales necesarios para poder llevar a cabo las tareas detalladas en el apartado anterior.

### 6.4.1. Recursos humanos

El coste en recursos humanos se realiza teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Tras hacer la estimación de duración del proyecto en el apartado anterior, *6.3. Planificación*, se ha obtenido un total de 74 jornadas de trabajo.
- El trabajador dedica 8 horas cada día al proyecto.
- El proyecto se desarrolla a través de un equipo 4 trabajadores cualificados que ocupan roles diferentes, los cuales han sido definidos en el apartado *6.2. Equipo implicado*, por lo que el precio de cada hora trabajada es distinto dependiendo del rol ejercido.

A continuación en la tabla 64, se muestra el desglose de los costes debidos al personal implicado, teniendo en cuenta el numero de jornadas que realiza cada uno según la planificación establecida:

Rol	Coste (€/hora)	Horas dedicadas	Total (€)
Jefe de Proyecto	45	$25 \cdot 8 = 200$	9.000
D. Gráfico y Maquet.	25	$14 \cdot 8 = 112$	2.800
Desarrollador Senior	30	$32 \cdot 8 = 256$	7.680
Desarrollador Junior	20	$32 \cdot 8 = 256$	5.120
Total			24.600

Tabla 64. Recursos humanos del proyecto.



#### 6.4.2. Recursos materiales

El coste en asociado a los recursos materiales usados para la realización del proyecto aparece desglosado en la tabla 65.

Descripción	Coste (€)	Uds.	% de uso dedicado	Periodo de depreciación (meses)	Uso (meses)	Total (€)
iMac 27"	2.130	1	80	36	1	47,33
MacBook Pro 15"	2.250	1	100	36	1	62,5
MacBook Pro 13"	1.450	2	100	36	2	80,55 (x2)
HTC One M8	375	2	40	18	3	25 (x2)
Samsung Galaxy Tab 4 10.1"	199	2	90	18	3	29,85 (x2)
Licencia Wikitude SDK PRO (Android)	990	-	-	-	-	990
Licencia Target API (100)	990 (1 año)	-	-	-	-	990
Material Fungible	500	-	-	-	-	500
Total						2.860,63

Tabla 65. Recursos materiales del proyecto.

La fórmula de amortización utilizada es la siguiente:

$$\frac{N^{\circ} \text{ meses de utilización}}{\text{Periodo de depreciación}} * \text{Coste del equipo} * \% \text{ de uso dedicado}$$

Ecuación 3. Formula de amortización.

#### 6.4.3. Resumen de costes

Teniendo en cuenta los costes calculados en los apartados 6.4.1. *Recursos humanos* y 6.4.2. *Recursos materiales*, el coste final del proyecto se muestra en la tabla X.

Descripción	Coste (€)
Recursos humanos	24.600
Recursos materiales	2.860,63
Total	27.460,63

Tabla 66. Resumen de costes del proyecto.

El presupuesto de este proyecto asciende a la cantidad de **VEINTISIETE MIL CUATROCIENTOS SESENTA CON SESENTA Y TRES EUROS**, al cual se le aplicará el IVA en el momento de la facturación.

## 6.5. Impacto socio-económico

A lo largo de este punto se explica como el sistema ARt puede afectar de manera positiva a la sociedad y economía de nuestro tiempo.

### 6.5.1. Sociedad

A día de hoy, en el llamado “primer mundo”, la sociedad cada vez esta más sumida en las tecnologías de la información. Hemos visto como la forma de comunicación ha cambiado drásticamente con la aparición de los *Smartphones*, y con ellos también, la forma de disfrutar de contenidos audio-visuales.

Hasta hace algo menos de veinte años, las únicas formas de que una persona pudiera disfrutar de obras de arte, era visitando algún museo cercano, siempre y cuando uno tuviera la suerte de vivir en una gran ciudad, o mediante alguna revista o libro de texto. Hoy en día gracias a la extensión de internet y las nuevas tecnologías, cualquiera puede disfrutar de innumerables obras de arte de todo tipo con tan solo un par de pulsaciones en la pantalla de un *Smartphone*.

Este gran cambio de acceso a la información visual, más viral y saturada, hace que las personas de nuevas generaciones, que están más acostumbradas a las nuevas tecnologías, pierdan el interés por contemplar la belleza de las obras de arte físicamente.

Es aquí donde el sistema ARt tiene uno de sus puntos fuertes. Ya que ésta da la posibilidad de combinar uso de una innovadora tecnología como es la realidad aumentada, con la visualización física del arte. Esto proporciona una nueva forma de disfrutar de las exposiciones de arte, permitiendo que los usuarios más jóvenes y tecnológicos puedan volver a sentirse atraídos por esta forma de expresión.

Por otra parte, el sistema ARt supone de una herramienta muy potente que brinda a los artistas la posibilidad de expresar su arte más allá de lo que el mundo físico le permite, pudiendo aumentar sus obras de manera virtual donde los límites los pone la propia imaginación del artista. Y todo esto además, puede ser realizado desde el cómodo del uso de una *Tablet*.

El sistema ARt gracias a las posibilidades que brinda da la libertad de aumentar exposiciones de arte de muy diversas maneras, como por ejemplo: animación de obras artísticas, aumentado virtual de obras de arte, descripción visual de obras, sistemas de audio-guía, sistemas de descripción visual para personas sordas, etc.

### 6.5.2. Economía

Como se ha podido observar en el apartado anterior, *6.5.1. Sociedad*, el sistema ART puede tener numerosas aplicaciones de cara a exposiciones en museos o galerías de arte, lo cual facilita la comercialización del producto fruto del desarrollo de este proyecto.

Si el prototipo tuviera buen resultado, como consecuencia del aumento de visitantes a las exposiciones, por consiguiente se obtendría un crecimiento en los ingresos.

Por otra parte, también es cierto que muchos de los posibles clientes interesados, museos y galerías de arte, obtienen financiación por parte del estado español, y los recortes en cultura realizados durante la última legislatura debidos a la crisis económica española pueden suponer un problema con respecto a la venta del producto.

Los costes de desarrollo del sistema ART estimados se han desglosado en el apartado *6.4. Presupuesto*. El cual podría verse modificado dependiendo de las necesidades del cliente interesado.

## 7. Conclusiones y trabajos futuros

---

### 7.1. Conclusiones

Los dispositivos móviles de hoy en día están dotados de tecnologías que permiten la implementación y uso de tecnologías de computación ubicua como puede ser la realidad aumentada, que consiste en una visión a través de un dispositivo en la que el dominio digital se funde con el mundo físico.

La realidad aumentada puede ser utilizada en muchos ámbitos, y entre otros, en el arte y la cultura, pudiendo aportar en este campo muchos beneficios como motivar el interés de las generaciones más jóvenes por disfrutar de museos y exposiciones, o ampliar el límite de creatividad de los artistas virtualmente.

Uno de los principales problemas de esta tecnología es la creación de experiencias de realidad aumentada, que en muchos casos requieren de conocimientos avanzados de programación, y las pocas aplicaciones existentes que no requieren este conocimiento son algo limitadas y algo complejas de usar.

Con el objetivo de facilitar una herramienta de este tipo de tecnología que no requiera de habilidades de programación y que sea lo más usable posible, a lo largo de este proyecto se ha creado un prototipo de sistema de aplicaciones para dispositivos móviles denominado ART, que permite la creación y distribución de experiencias de realidad aumentada.

El sistema esta constituido por dos aplicaciones ARt Maker y ARt Visor.

La funcionalidad ARt Maker permite crear exposiciones, que son un conjunto de experiencias de realidad aumentada, y gestionar, visualizar y distribuir estas exposiciones. La creación de las experiencias consiste en añadir elementos multimedia como imágenes, videos o audios, sobre una imagen objetivo sobre la cual aparecerán durante la visualización.

Por otra parte, la funcionalidad de ARt Visor permite tan sólo visualizar las exposiciones creadas con la aplicación ARt Maker.

Este sistema ha sido realizado siguiendo el método de *Diseño Centrado en el Usuario* compuesto de las siguientes fases:

- **Investigación:** Se ha realizado un análisis del estado del arte, a través del que se han encontrado aplicaciones que permiten la creación de experiencias de realidad aumentada y se han estudiado los aspectos más comunes de este tipo de herramientas.

También en esta fase se han analizado los clientes a los que está destinado el sistema ARt, se ha realizado una primera propuesta de funcionalidades incluidas en el prototipo, teniendo en cuenta el conocimiento obtenido del estado del arte, y se han estudiado algunos escenarios en los que el sistema podría ser usado.

- **Definición:** Con los datos obtenidos en la fase anterior, se han definido los requisitos del las dos aplicaciones de las que esta compuesto el sistema prototipo, ARt Maker y ARt Visor.

A continuación se ha realizado un estudio de las tecnologías existentes para llevar a cabo el cumplimiento de los requisitos, y se han seleccionado aquellas que parecían más acordes con el proyecto debido a sus características. También se han tenido en cuenta las regulaciones técnicas y legales que supone el uso de estas tecnologías.

Por último en esta fase, se ha realizado el diseño de las aplicaciones del sistema, para ello, se ha definido el flujo de ejecución de cada aplicación, y se ha diseñando la interfaz y funcionalidad de cada una de las pantallas.

- **Desarrollo:** En base al diseño realizado en la fase anterior, y a las tecnologías seleccionadas, se ha implementado el prototipo. Para ello se ha definido la

arquitectura del sistema y se ha desarrollado el código necesario que ha dado dando lugar a las aplicaciones finales.

- **Evaluación:** Una vez implementado el prototipo se ha realizado una evaluación del mismo utilizando una metodología de consulta a expertos que ha aportado información sobre mejoras que podrían mejorar la interfaz como añadir un sistema de guiado en la creación de exposiciones, unificar los estilos de los botones, o hacer más intuitivo el borrado de exposiciones.

Una vez realizado todo el proceso de diseño, se ha procedido a la realización de la gestión del proyecto. Para ello, se ha partido de un supuesto más cercano a la realidad del mundo laboral en el que se ha gestionado, planificado y realizado un presupuesto, en base a un equipo de trabajadores con distintos roles. También se ha realizado un estudio sobre el impacto socio-económico que podría suponer el uso del sistema prototipo propuesto.

## 7.2.Trabajos futuros

Como se ha citado desde un primer momento, el sistema ART diseñado e implementado es un prototipo. De cara a una versión final aun se necesitaría la realización de varias iteraciones del método de *Diseño Centrado en el Usuario*.

Las principales líneas de desarrollo futuro supondrían aumentar las funcionalidades actuales del sistema ART, especialmente de la aplicación ART Maker, las cuales aportarían un mayor grado de libertad en la creación de experiencias de realidad aumentada.

Algunos de estos trabajos futuros de la aplicación ART Maker son los siguientes:

- Permitir al usuario editar experiencias de realidad aumentada ya creadas.
- Permitir al usuario editar exposiciones de realidad aumentada ya existentes.
- Añadir la funcionalidad de rotar los elementos virtuales añadidos durante la creación de experiencias.
- Dejar al usuario añadir elementos *HTML* con funcionalidad como botones, widgets, etc. en sus experiencias.
- Posibilitar al usuario añadir texto a sus experiencias.
- Mostrar al usuario una pre-visualización del elemento virtual seleccionado antes de añadirlo.
- Manejar los elementos virtuales añadidos a una experiencia mediante una jerarquía de capas.
- Permitir a los creadores compartir exposiciones entre ellos.
- Experimentar el prototipo en nuevos contextos reales y distintos, involucrando de esta forma a nuevos interesados, que a su vez permitan

obtener nuevos requisitos concretos para cada caso que impliquen realizar modificaciones en el prototipo. Por ejemplo, algunos de estos contextos podrían ser: publicidad, juegos de exploración, catálogos de productos, etc.

## Bibliografía

---

- [1]. Bimber, O.; Raskar, R. (2005). "Spatial augmented reality: merging real and virtual worlds". CRC Press.
- [2]. Giartosio, F.; Tregnaghi, G. (2015). "Augmented reality glasses". U.S. Patent No. 20,150,286,055.
- [3]. Web oficial EPSON Moverio. <http://www.epson.com/moverio/>. Consultado en Junio de 2015.
- [4]. Web oficial Microsoft HoloLens. <https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/>. Consultado en Junio de 2015.
- [5]. Arth, C.; Grasset, R.; Gruber, L.; Langlotz, T.; Mulloni, A.; Wagner, D. (2015). "The History of Mobile Augmented Reality".
- [6]. Yu, F. (2010). "Real Time Augmented Reality". EECS University of Michigan.
- [7]. Bilton, N. (2012). "Google Being Testing Its Augmented-Reality Glasses". The New York Times.
- [8]. Wakabayashi, D. (2015). "Apple Buys German Augmented-Reality Firm Metaio". Wall Street Journal.
- [9]. Dave, P. (2015). "Microsoft's answer to Google Glass: HoloLens". Los Angeles Times.
- [10]. Nicholson, D. (2013). "Augmented reality grows up". *Engineering & Tecnology*, vo.8, no.4.
- [11]. López, V. G. (2012). "Conociendo a todos los públicos: investigación y gestión en el Laboratorio Permanente de Público de Museos". *LA SOCIEDAD ANTE LOS MUSEOS Públicos, usuarios y comunidades locales*. Pag. 11.

- [12]. Prensky, M. (2001). "Digital natives, digital immigrants". *On the horizon*.
- [13]. Augment. <http://www.augment.com/>. Consultado en Julio de 2015.
- [14]. Aurasma Studio. <https://studio.aurasma.com/>. Consultado en Julio de 2015.
- [15]. Acropolis Virtual Tour Extended Edition. [http://culturplay.com/blog\\_post/acropolis/guide/2014/08/27/acropolis-virtual-tour-extended-edition/](http://culturplay.com/blog_post/acropolis/guide/2014/08/27/acropolis-virtual-tour-extended-edition/). Consultado en Enero de 2016.
- [16]. Casa Batlló Videoguide. <https://www.casabatllo.es/en/visit/videoguide/>. Consultado en Enero de 2016.
- [17]. Mannion, S. (2012). "Beyond Cool: Making Mobile Augmented Reality Work for Museum Education". *Museums and the web*.
- [18]. Egea, E. (2013). "Luis Moro. Microcosmos. Gavelmouth Gallery. San Antonio, Texas". *Arte al Día MEXICO*.
- [19]. Norman, D. A.; Draper, S. W. (1986). "User centered system design". *Hillsdale*.
- [20]. Klopschitz, M.; Schall, G.; Schmalstieg, D.; Reitmayr, Gerhard (2010). "Visual tracking for Augmented Reality". *Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2010 International Conference*.
- [21]. Layar. <https://www.layar.com/>. Consultado en Julio de 2015.
- [22]. Blippar. <https://blippar.com/>. Consultado en Julio de 2015.
- [23]. Blipp Builder. <https://blippar.com/en/solutions/self-service-solutions/>. Consultado en Julio de 2015.
- [24]. Aurasma SDK. <https://aurasma.zendesk.com/hc/en-us/categories/200558405-Aurasma-SDK->. Consultado en Julio de 2015.

- [25]. Wikitude SDK. <http://www.wikitude.com/products/wikitude-sdk/>. Consultado en Julio de 2015.
- [26]. Wikitude Studio. <http://studio.wikitude.com/>. Consultado en Julio de 2015.
- [27]. Rogers; Yvonne; Sharp, H.; Preece, J. (2011). "Interaction design: beyond human-computer interaction". John Wiley & Sons.
- [28]. NetMarketShare. <http://www.netmarketshare.com/>. Consultado en Octubre de 2015.
- [29]. Licencia de Desarrollador iOS. <https://developer.apple.com/support/compare-memberships/>. Consultado en Octubre de 2015.
- [30]. Licencia de Desarrollador Android. <https://support.google.com/googleplay/android-developer/answer/6112435/>. Consultado en Octubre de 2015.
- [31]. Eclipse. <https://eclipse.org/>. Consultado en Octubre de 2015.
- [32]. Android Studio. <http://developer.android.com/intl/es/tools/studio/>. Consultado en Octubre de 2015.
- [33]. Android Developer Tools. <https://developer.android.com/intl/es/tools/help/adts.html>. Consultado en Octubre de 2015.
- [34]. ARLab. <http://www.arlab.com/pricing/>. Consultado en Septiembre de 2015.
- [35]. Vuforia. <https://developer.vuforia.com/pricing/>. Consultado en Septiembre de 2015.
- [36]. Wikitude SDK. <http://www.wikitude.com/store/>. Consultado en Septiembre de 2015.
- [37]. Licencia educativa Wikitude. <http://www.wikitude.com/wikitude-academy/>. Consultado en Septiembre de 2015.
- [38]. Postel, J.; Reynolds, J. (1985). "File transfer protocol".



- [39]. Wu, J.; Ping, L.; Ge, X.; Wang, Y.; Fu, J. (2010). "Cloud Storage as the Infrastructure of Cloud Computing". *Intelligent Computing and Cognitive Informatics (ICICCI), 2010 International Conference*.
- [40]. Dropbox. <https://www.dropbox.com/>. Consultado en Octubre de 2015.
- [41]. Google Drive. <https://www.google.com/drive/>. Consultado en Octubre de 2015.
- [42]. OneDrive. <https://onedrive.live.com/>. Consultado en Octubre de 2015.
- [43]. Ministerio de Cultura de España (1996). "Ley 22/1987, de 11 de noviembre, de Propiedad Intelectual". *BOE* núm. 97.
- [44]. Términos y condiciones de Dropbox. <https://www.dropbox.com/terms>. Consultado en Enero de 2016.
- [45]. Acuerdo de licencia del usuario final de Wikitude. <http://www.wikitude.com/legal/eula/>. Consultado en Enero de 2016.
- [46]. Términos y condiciones de Wikitude. <http://www.wikitude.com/legal/developer-terms-and-conditions/>. Consultado en Enero de 2016.
- [47]. Cohen-Or, D.; Sorkine, O.; Gal, R.; Leyvand, T.; & Xu, Y. Q. (2006). "Color harmonization". *ACM Transactions on Graphics (TOG)* (Vol. 25, No. 3).
- [48]. Documentación desarrollo Wikitude. <http://www.wikitude.com/developer/documentation/android>. Consultado en Septiembre de 2015.
- [49]. Documentación desarrollo API Sync Dropbox. <https://www.dropbox.com/developers-v1/sync>. Consultado en Septiembre de 2015.
- [50]. Hilo implementación FTP en StackOverflow. <http://stackoverflow.com/questions/1567601/android-ftp-library>. Consultado en Septiembre de 2015.
- [51]. Preece, J.; Sharp, H.; Rogers, Y. (2002). "Interaction Design-beyond human-computer interaction". John Wiley & Sons. Capítulo 13.5 *Asking experts: walkthroughs*.

## Anexo – Project Summary

---

### Abstract

The use of mobile devices like Smartphones or Tablets has experimented a big growing during the last years. These devices count with several technologies as cameras, internet connection, GPS localization, movement sensors, etc. And thanks to their little size and great autonomy, this technology can carry to any place without the necessity of being cabled. These make devices aware of the environment and the users habits, foment the development of ubiquitous systems reducing the users' efforts during day-by-day tasks.

One of the most promising technologies of the ubiquitous computing, that is in full process of developing, is the augmented reality. Its goal is to melt the real world with the virtual world. This task can be achieved by the superposition of virtual elements, like images, videos, 3D elements or audios, over the real time image captured by a camera.

Although augmented reality is nowadays still immature, the improves achieved during the last years allow its use in disparate areas such as art and culture.

There are some people associated with the artistic creation world and cultural expositions who are interested about this, who have listened about the possible benefit of the application of this technology at their field. Because of that, they need some type of tool that allow them to make and distribute augmented reality without programming skills.

Nowadays, there are already some tools which try to deal with this problem, but they can are limited and still difficult to use to users with no high technical skills. Moreover they usually need to be used through a PC, because a big part of these are web applications.

This project is centered on the design, the develop and the evaluation of a prototype system, called ARt that allows users to create and distribute augmented reality experiences. It is about getting over the limitations of the current augmented reality experiences creation systems.

The proposed system consists of two applications, ARt Maker, which is destined to the creation and distribution of augmented reality experiences, and will be used by users with “creator” role, and ARt Visor, that will allow users to visualize the experiences created by ARt Maker, and which will be used by users with a “visitor” role.

The elaboration of this project is made by using technologies like Android mobile operative system, an augmented reality framework called Wikitude and a storage cloud system named Dropbox.

## Introduction

Nowadays, mobile devices are equipped with technologies that allow users to stay connected and informed continuously in real time.

Because of these capabilities, it is possible the development of ubiquitous environments with the goal to integrate the computation technology directly in the user's environment. In such way, users can make their daily tasks forgetting that they are using a mobile device and focusing only on the task to realize.

This work is realized in the Human Computer Interaction field, and more in particular, in the Ubiquitous Computing area.

One of the ubiquitous computing technologies that are in developing at present, and that can revolutionize the way that users interact with mobile devices, is the augmented reality.

### **Augmented reality**

The augmented reality (AR) consist in a vision through a device where the digital domain melts with the physical world [1].

With the purpose of join the virtual world with the real world so we can enjoy with an augmented reality experience, a camera is used to capture the real image, this is processed to add virtual elements over the image, and the final result is shown through a see-through screen.

The principal devices used for this goal are the augmented reality glasses, such as Epson Moverio [2] or Microsoft's HoloLens [3], Smartphones, and Tablet. This is mainly because, all of them are mobile devices and with hight computational capabilities.

### **Context**

Nowadays augmented reality is a technology that is, from a few years, in a fully process of research and development, like we observed in [5], mainly because for the perfect implementation of this, complex environment analysis algorithms are required, like is said at [6], and also the construction of pair of glasses of augmented reality little intrusive and confortables for users that allow experiment fully this concept.

There are a lot of companies that see in this technology the next revolutionary jump of the computation use on day-by-day life. It's something we can see in movements like the expectation caused per Google with their primitives Google Glass [7], the buy of MetalO by Apple [8], one of the more advanced companies on this field, or the bet of Microsoft per this technology by their announcement of their promising HoloLens.

Although augmented reality is a technology pending of perfecting, are enough progresses that have occurred at this ambit like it's prove at [10], and there are so many interested who have wanted make the first drafts of the use of this technology that have applications in multiples cases, among them, art and culture.

### **Art and culture in young generations**

The last technologies and internet have greatly changed the access to audiovisual information, now it's more viral and saturated than before, due to television and the use of social networks as Facebook, Twitter, Tumblr or Instagram. Sadly, it make that people from Young generations, who are mas acostumbrados to this, lose their interest about visiting museums or watch physically the art pieces beauty, like is cited at [11].

This is one of the causes that can make augmented reality beneficial in this field, because it give the possibility of combine the use of an innovative technology with the physical visualization of art. It supplies a new way of enjoy expositions and culture, allowing that the youngest and digitized users can be attracted again by the classical ways of expression.

This technology also suppose a big change regarding the artists, due to it use breaks the creative limits that the physical world means, that be expanded to the reach of the virtual world, allowing richest and expressive creations. Many young artists can maybe be interested on use digital media for their creations because they have grown in a world increasingly digitized as is mentioned at [12].

The main trouble of this technology is the effort that mean the implementation of it, which usually requires of advanced knowledge at programming, and the few applications which allow the creation of augmented reality experiences without this knowledge, are limited and lacking, like for example Augment [13] or Aurasma Studio [14].

Augmented reality has been used in some art and culture expositions like for example at the Acropolis archaeological site [15] of Athens (Grece), at Casa Batlló [16] of Barcelona (Spain), at British Museum [17] of London (United Kingdom) or in Gravelmouth Gallery [18] of San Antonio (Texas, USA).

### **Objective**

The purpose of this project consist in the building of mobile devices system which allow users to create and distribute augmented reality experiences without the requirement of having advanced technical knowledge about information technologies.

It's about get over the limitations that augmented reality experiences creation systems are showing, as the mobility fault which means to use a personal computer

to create experiences, or as the incapability to distribute experiences easily. And also, it's about collect and assemble the advantages of all of this systems to get a prototype which solve few existent necessities.

With this purpose, a prototype system called ARt based on end users requirements, has been designed, developed and evaluated.

#### Desing and implementation method

One of the main goals of this project is the developing of an useful and effective interface. To get it, it has followed an *User Centered Design* [19] (figure 1), by studying the potential users and keeping this in mind along the design process.



Figure 1. User Centered Design process.

This method is applied by an iterative process that products of information technologies can be evaluated. At the end of every iteration results, which can provide relevant information to improve the product design at the next iteration process, are obtained.

This iterative design process consists of four cycles or stages:

- **Research:** At first instance, the users who the prototype will be destined, the needs of them, the context where it's going to be used, and the tasks that the prototype must realize are analyzed and researched.
- **Definition:** With the obtained data at previous step, the prototype requirements are defined, technologies are selected, and the design is realized.
- **Development:** Keeping on mind the design realized at the previous phase, and the selected technologies, the prototype is implemented.

- **Evaluation:** When the prototype has been implemented, an evaluation of this is realized. It provides relevant information for the prototype, as can be new requirements, sceneries, design upgrades, etc.

This iterative process is repeated continuously with the purpose of include upgrades to the product.

In the case of this present project, only the full first iteration will be realized, it cover from the *Research* phase to the *Evaluation* cycle.

### Document structure

The present document is structured in nine chapters, a bibliography section, and an annex which contains a project summary on english that includes introduction and conclusions.

The actual chapter, *1. Introducción*, an introduction is made which contains the aspects that is going to deal along the work showing the context where is realized, the goals to get, the design and implementation method, and by last, the way used to structure this document.

Along the section *2. Estado del arte*, the more relevant applications of nowadays that allow to create augmented reality experiences are shown. Also, the possibilities offered by each one are compared, and the general patterns of this kind of applications are analyzed.

During the part *3. Escenarios y requisitos*, the group of users who are destined to use the prototype is analyzed, the prototype initial idea is shown, a few real sceneries are analyzed, also telling the impact of the use of this prototype on each case, and by last, the requirements resulted from the scenario analysis and the art status are shown.

At chapter *4. Diseño e implementación*, the design process is detailed, the process to select the technologies used to implement the proposed prototype is shown, the technical and legal regulatory frames of the system are analyzed, the work flow is described by the definition of the steps that an user need to do to realize the application tasks, the functionality of the system interface is described, and by last, aspects of implementation and developing of the prototype are commented.

By means of *5. Evaluation* section, an evaluation of the designed and developed prototype system at previous chapters is realized. The evaluation is realized using a system based on the ask to experts, where some experts answer to questions about

the interaction with the prototype, and finally, few conclusions are obtained from the obtained results.

At chapter 6. *Gestion del proyecto*, from the assumption that the project grow up in a real empresarial environment, the life cycle of the software development to follow is described, the implied team to make the prototype is defined, the tasks planification is realized, a resultant budget from the human resources and material costs is included, and by last, the possible socio-economic impact of this prototype is studied.

During section 7. *Conclusiones y trabajos futuros*, an analysis of all the work carried out during this project is realized, and some pending future works that could improve the prototype are commented.

## Summary

Following, a short summary of all chapters of the memory of the present project is done.

### State of the art

During this section, the nowadays applications which allow the creation of augmented reality experiences, and that achieved similar goals than the proposed prototype, are studied.

The big amount of this applications base their augmented reality experiences on image tracking, and the tools that permit the creation of experiences are usually made to be used at PC.

At time to create augmented reality experiences, the elements that this applications usually allow to introduce are: images, videos, audios, 3D models, buttons, and web elements.

A comparative of the characteristics of all of this applications is shown at the next table:

	Image Tracking	Images	Videos	Audios	3D Models	Buttons	Web Elements	Web Creator	Mobile Creator
Augment	✓				✓			✓	✓
Layar	✓	✓	✓	✓		✓		✓	
Blipp Builder	✓	✓	✓			✓		✓	
Aurasma	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Wikitude Studio	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	

Table 1. Comparative of AR creation applications.

### Scenarios and requirements

At first place, the profile of the clients who could be interested on the prototype is shown. These could be people who are connected with the art world and the museum expositions, with Interest on introduce the augmented reality on their field, like could be artists, curators of museums, directors of museums, etc.

Following, the initial idea of the prototype system is shown, that will composed of two applications for mobile devices, ARt Maker, which is destined to the creation and distribution of augmented reality experiences, and which will be used by users with "creator" role, and ARt Visor, that will allow users the visualization of the experiences created by ARt Maker, and which will be used by users with a "visitor" role.

Next, a group of real scenarios where the "system ARt" could be used is defined. These scenarios show the situation of an interested person who wants to introduce augmented reality on his field, showing the obstacles that can found without the existence of the "ARt system", and how will could be avoid these problems if the proposed system is used by the user.

By last, keeping in mind the state of art and the scenarios, the proposed system applications requirements are extracted.

### Design and implementation

During this chapter, a decision process is make to select the technologies that will be used to the development of the system and, at the same time, the technologies



selected to do the most complex functionalities are explained. As result, *Android* is selected as mobile operative system, *Android Studio* as development environment, *Wikitude SDK* as augmented reality framework, and *Dropbox* as transfer and synchronization files system.

Following, an analysis of some regulations, technicals and legal, that affect to the system, is made. As technical regulatory framework, we found the system requirements, the existent technology to implement it, and the technical limits of *Wikitude* and *Dropbox*. And as legal regulatory framework, we found the Intellectual Property Law and the legal terms imposed by the use of *Wikitude* and *Dropbox*.

Next, the work flow of the applications of the ART system is described.

Following, the process followed to realise the mobile applications interface, is shown. Including the *wireframes* of each screen which compose the applications, and the comparison of these with the final result.

By last, the system architecture, the way of implement the graphical interface, the expositions generation process, the augmented reality visor functionality, and the libraries used to develop the system are explained.

### Evaluation

On this chapter an evaluation of the prototype system designed and developed at the previous sections is made. The evaluation is realized by an evaluation system based on asking experts, where experts answer questions about the interaction with the prototype, and finally, a conclusión of the obtained results is extracted.

The obtained results after the evaluation recommend make changes to upgrade the prototype, like add a guidance system at the expositions creation, unify the style of buttons, or make more intuitive the task of delete expositions.

### Proyect management

During this chapter, we have started from a supposed closer to the reality of the laboral world.

At first place, the software life cycle to follow is described, that includes analysis, design, implementation, evaluation and documentation phases.

Following, the implicated team to the project realization is defined, it is composed of four workers with different roles: project boss, graphic designer, senior developer and junior developer.

Next, we make the project planification. To do this, the project is divided on different tasks, and the time needed to do each one is estimated, and the dependencies

between tasks are specified, and then, tasks are distributed between the team components, with the final result of 74 work days total.

Following, a budget with the total cost derived from the human and material resources is done, and the price amount to 27.460,63€ without IVA.

By last, the possible socio-economic impact of the use of this prototype is studied.

## Conclusions and future research

### Conclusions

The nowadays mobile devices are fitted of technologies that allow the implementation and use of ubiquitous computing technologies as can be the augmented reality, which consist in a vision through a device where the digital domain is melted with the physical world.

The augmented reality can be used at a lot of ambits and, among others, on art and culture, this could contribute a lot of benefits at this field like motivate the interest of youngest generations to enjoy of museums and expositions, or like expanding creative limits of artists virtually.

One of the main troubles of this technology is the creation of augmented reality experiences, that, in a lot of cases, required of advanced programming knowledges, and the few existing applications are limited and complex to use.

With the goal of provide a tool for this technology that no requires of programming skills and that be the most usable as possible, along this project, a prototype system composed by mobile devices applications has been created. It's named ARt, and allows the creation and distribution of augmented reality experiences.

The system is composed by two applications, ARt Maker and ARt Visor.

The ARt Maker functionality allow to create expositions, which are a group of augmented reality experiences, and manage, visualize and distribute this expositions. The experiences creation consist in add multimedia elements, as images, videos or audios, over a target image where this elements will appear during the visualization.

On the other hand, the ARt Visor functionality only allows to visualize the created expositions by ARt Maker.

This system has been realized following the *User Centered Design* method composed by the next phases:

- **Research:** The art status has been analyzed to find applications which allow the creation of augmented reality experiences, and the most common aspects of this kind of tools have been studied.

Also at this phase, the destined clients of the ARt system have been studied, a first proposal of functionalities included in the prototype has been realized, keeping in mind the knowledge obtained from the art status, and some scenarios where the system could be used, have been analyzed.

- **Definition:** With the obtained data at the previous phase, the requirements of the two applications of the system, ARt Maker and ARt Visor, have been defined.

After of this, a study of the existing technologies available to perform the requirements has been realized, and then, the fittest of them to the project, because their characteristics, have been selected. Also the technical and legal regulations that suppose the use of these technologies have been kept in mind.

By last, at this phase, the design of the applications of the system has been realized, for do it, the work flow of the execution of each application has been defined, and the interface and functionality of each screen have been designed.

- **Development:** In relation to the design realized at the previous phase, and the technologies selected, the prototype has been implemented. For it, the system architecture has been defined, and the necessary code has been developed with the result of the two final applications.
- **Evaluation:** When the implementation of the prototype has been made, an evaluation of it have done using a methodology based on asking experts which has contributed with upgrades like add a guidance system at the expositions creation, unify the style of buttons, or make more intuitive the task of delete expositions.

To do it, we have started from a supposed closer to the reality of the laboral world from where a budget has been managed, planified and realized, with a team of workers with different roles. Also the possible socio-economic impact of this prototype has been studied.

### Future research

Like has been cited previously, the ARt system designed and implemented is a prototype. For a final version, another iterations of the User Centered Design are still needed.

The principal future lines of design will suppose extend the present system ARt functionalities, especially of ARt Maker application.

Some of this future works for the ARt Maker application are the next:

- Allow user to edit augmented reality experiences already created.
- Allow user to edit existent augmented reality expositions.
- Include the functionality of rotate virtual elements added during the experience creation.
- Allow user to add HTML elements with functionality like buttons, widgets, etc., in his experiences.
- Give user the possibility of add text in his experiences.
- Show user a pre-visualization of the virtual element selected before add it.
- Virtual elements managing added to an experience by means of a layer hierarchy.
- Allow creators share their expositions between them.
- Experiment the prototype at new real and different contexts, involving by this way new stakeholders, that allow to get new requirements for each case and imply make modifications at the prototype. For example, some of this contexts could be: publicity, exploration games, product catalogues, etc.